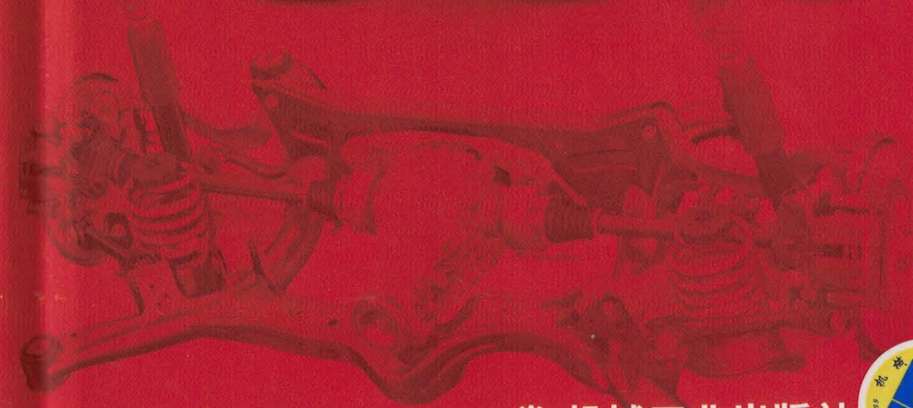
陈总编爱车热线书系

画解奥迪

揭秘奥迪汽车独门绝技

精装典藏版

陈新亚 编著



长期占据畅销榜首
陈总编
爱车热线书系
车友经典必备

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

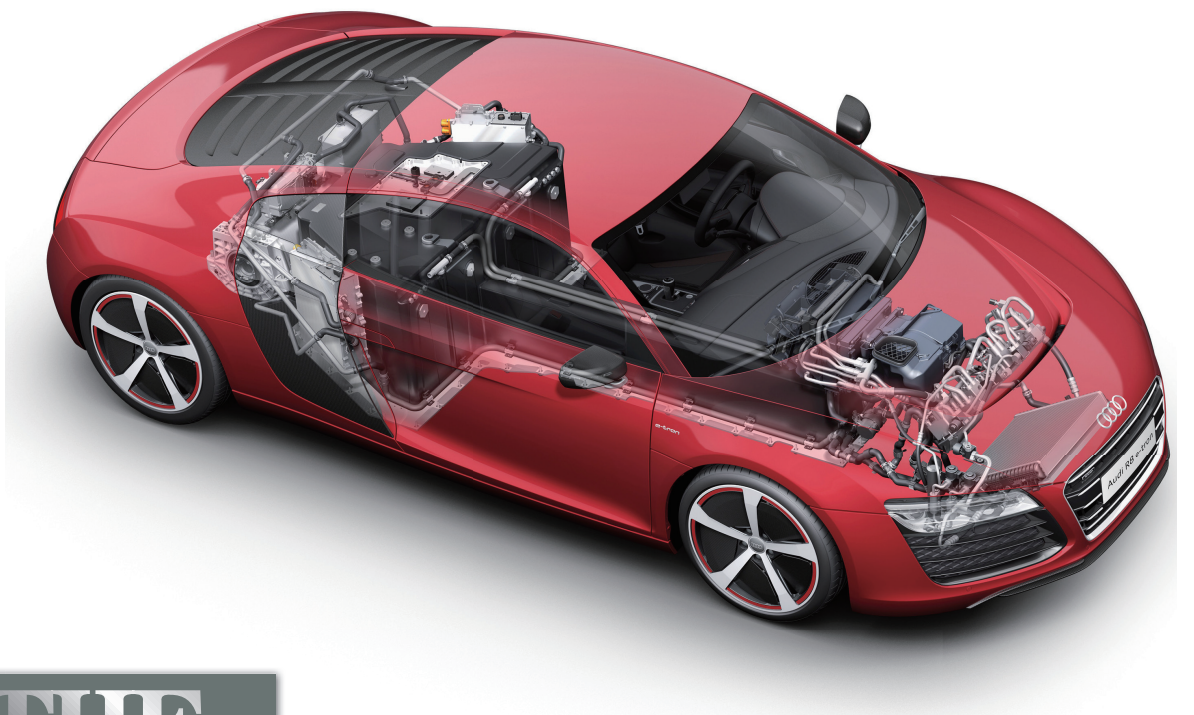
陈总编爱车热线书系

画解奥迪

揭秘奥迪汽车独门绝技

精装典藏版

陈新亚　编著



THE SECRETS OF AUDI

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

《画解奥迪：揭秘奥迪汽车独门绝技（精装典藏版）》是一本专为汽车爱好者和汽车行业从业人员编写的精美画册，也是“陈总编爱车热线书系”之一。本书将奥迪汽车的最新技术“一网打尽”，以图解方式介绍奥迪汽车拥有的众多世界顶尖技术、最新先进配置和功能等。

本书主要介绍奥迪汽车的先进技术，语言通俗，图片丰富，并有许多相关常识介绍，非常适合广大汽车爱好者、奥迪车主及汽车行业从业人员阅读使用。

图书在版编目（CIP）数据

画解奥迪：揭秘奥迪汽车独门绝技：精装典藏版 / 陈新亚编著. — 3版.
—北京：机械工业出版社，2017.9
（陈总编爱车热线书系）
ISBN 978-7-111-57836-9

Ⅰ. ①画… Ⅱ. ①陈… Ⅲ. ①汽车—图集 Ⅳ.
①U469.11-64

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第212564号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：李 军 责任编辑：李 军
责任校对：张 力 责任印制：常天培
北京联兴盛业印刷有限公司印刷
2018年1月第3版第1次印刷
184mm×260mm · 8印张 · 2 插页 · 205千字
0001—4000册
标准书号：ISBN 978-7-111-57897-0
定价：79.90元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务 网络服务
服务咨询热线：010-88361066 机 工 官 网：www.cmpbook.com
读者购书热线：010-68326294 机 工 官 博：weibo.com/cmp1952
010-88379203 金 书 网：www.golden-book.com
封面无防伪标均为盗版 教育服务网：www.cmpedu.com

期待更多科技创新

奥迪在中国取得了巨大成功，中国早已成为奥迪的全球最大市场。不夸张地说，奥迪每卖出 3 辆汽车，就有 1 辆是被中国人买走的。这不仅是因为奥迪比其他豪华品牌汽车更早地进入中国进行本地生产，而且还因为奥迪汽车在综合性能方面更优越。虽然没有特别突出的个性，但奥迪汽车在各方面的表现都不差，加上奥迪长期占据高端“官车”市场，成功培育出内敛、稳重的口碑，这也符合中国人低调、保守的性格特点。

我认为，“突破科技 启迪未来”的口号是助奥迪汽车畅销的主要力量之一。5 年前，奥迪喜欢举办科技创新活动，尽情诠释“突破科技”的含义，其中最成功者当数 LED 灯光技术和 quattro 四驱技术的推广，奠定了奥迪汽车科技创新的口碑基础。

可能是前几年发展过于迅速，这几年奥迪在技术创新上的势头有所减缓。在编写本书第 1 版时，奥迪当时有许多独特技术可以介绍，比如动态转向系统、双离合变速器、无级变速器、冠齿中央差速器、LED 前照灯、自动跟车自适应巡航系统、驾驶模式选项等。然而，过了数年后，细数奥迪的先进技术，除了 LED 车灯的应用更加广泛外，其他技术基本原地踏步，可以说，目前奥迪正处于技术创新平淡期。正因如此，本书的修订内容主要集中在灯光技术、电动汽车、混合动力，以及 A3、Q7、R8、TT 等换代车型上，其中 Q7 为我们带来了最新颖、最先进、最全面的奥迪汽车技术。我们也期待新一代 A8 会带来更多的创新技术。

270963083@qq.com

第1版 前言 FOREWORD

教科书式技术布局

如果选择一个著名汽车品牌的技术案例作为汽车教科书，奥迪是最合适不过的了。奥迪在汽车技术领域不是也不可能是样样领先者，但它确实是技术最全面者。奥迪在汽车的各个先进技术领域都有涉及，而且都应用在批量生产的汽车产品上。

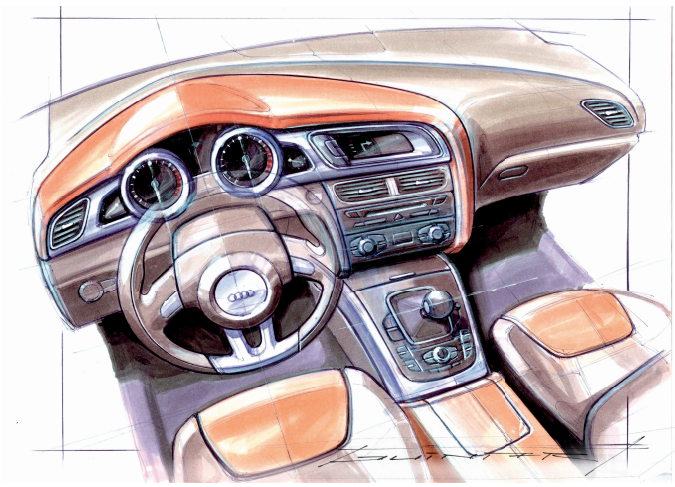
在发动机方面，奥迪不仅注重研发汽油机技术，而且在柴油机（TDI）方面也卓有建树：不仅大力采用先进的涡轮增压技术，而且也将机械增压技术应用在其主力发动机和车型上。

奥迪的变速器更是将世界上你所知道的和不知道的种类，如手动、自动、无级、双离合、自动离合等，全部都应用在大批量销售的车型上，至今还没发现第二个汽车品牌敢于或能够这么做。

奥迪的四轮驱动系统quattro、全铝车身ASF、燃油缸内直喷FSI等，早已成为先进汽车技术的代名词。奥迪的动态转向系统更是屡获大奖。多种先进驾驶辅助系统一个也不少。

这么说吧，别人有的，奥迪几乎都有；别人没有的，奥迪也积极去做。如果把推行驾驶乐趣的宝马比喻为短跑运动员，把强调舒适安全的奔驰比喻为长跑运动员，那么，技术全面的奥迪就相当于铁人三项或现代五项运动员了。

进入奥迪汽车的内部并逐项了解其先进技术，就相当于在阅读一本内容全面的汽车教科书。好了，咱们还是往后翻吧！



270963083@qq.com

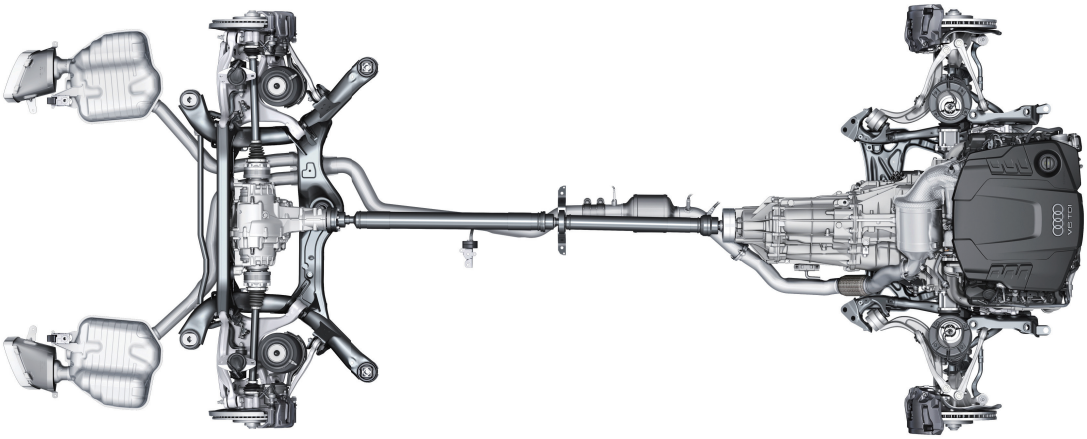
目录 CONTENTS

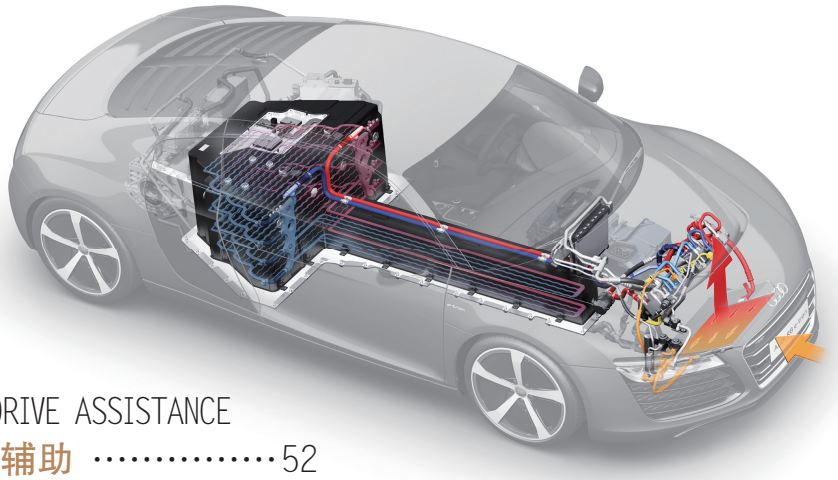
第2版前言
第1版前言
Chapter 1 ENGINE
第一章 发动机 …… 1
燃油缸内直喷技术（FSI） … 2
涡轮增压技术（TFSI）…… 4
机械增压技术（3.0TFSI） … 6
可变气门升程技术（AVS）… 10
可变气缸技术（COD） …… 11
TDI柴油发动机…… 12

Chapter 2 TRANSMISSION
第二章 变速器 …… 18
6速手动变速器 …… 19
7速双离合变速器 …… 20
无级变速器…… 24
自动离合变速器…… 27
8速手自一体式变速器 …… 28

Chapter 3 STEERING
第三章 转向系统 …… 30
动态转向系统…… 30
动态转向与ESP …… 34
电动助力转向…… 38

Chapter 4 quattro
第四章 四轮驱动 …… 39
奥迪quattro之一：分动器+
托森C型差速器+电子限滑辅助 39
托森C型中央差速器 …… 40
奥迪quattro之二：分动器+
冠齿差速器+电子限滑辅助 … 42
转矩矢量分配…… 42
冠齿中央差速器…… 43
奥迪quattro之三：电控多片
离合器+电子限滑辅助 …… 44
电控多片离合器…… 44
quattro运动型后差速器 …… 45
quattro历代传奇 …… 48





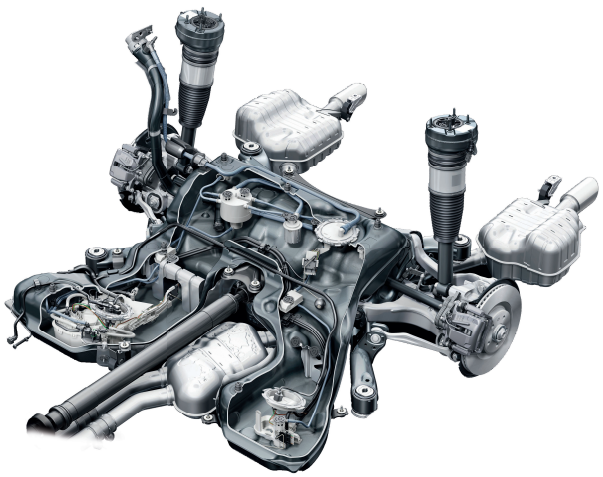
Chapter 5 DRIVE ASSISTANCE
第五章 驾驶辅助 ……52
驾驶模式选项…… 52
自动跟车自适应巡航系统… 54
车道偏离警告…… 55
换道辅助系统…… 56
前方预警安全系统…… 58
后方预警安全系统…… 59
抬头显示系统…… 60
虚拟驾驶舱…… 61

Chapter 6 LIGHTING
第六章 灯光技术 ……62
LED灯光技术…… 62
矩阵LED前照灯…… 64
激光前照灯…… 66
矩阵式激光前照灯…… 67

Chapter 7 Hybrid & e-tron
第七章 电动和混合动力技术 68
奥迪R8 纯电动跑车 …… 68
奥迪Q5混合动力 …… 72
奥迪Q7插电式混合动力 … 74
奥迪A3 Sportback e-tron
插电式混合动力汽车…… 76
智能化充电管理…… 79
可关闭式水泵…… 79

Chapter 8 BODY&SUSPENSION
第八章 车身和悬架 ……80
奥迪A1车型 …… 80
奥迪A3敞篷车型 …… 84
奥迪A4车型 …… 88
奥迪A5 Sportback…… 90
奥迪A6车型 …… 92
奥迪A7 Sportback…… 94
奥迪A8车型 …… 96
奥迪Q3车型 …… 98
奥迪Q5车型 …… 100
奥迪Q7车型 …… 104
奥迪R8超级跑车 …… 110
奥迪TT车型 …… 116

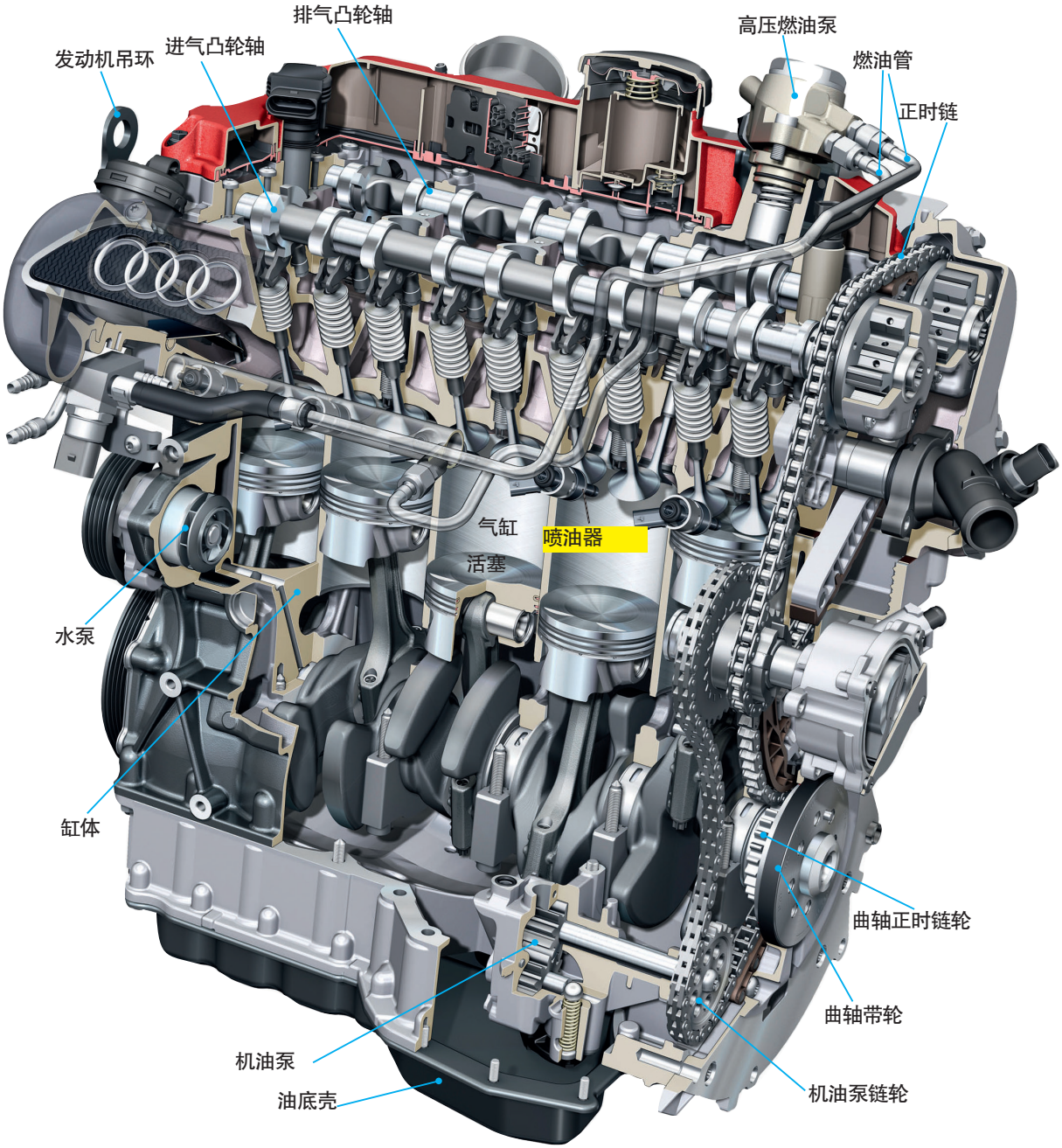
编后语…… 122



Chapter 1 ENGINE

第一章 发动机

在发动机技术领域，奥迪不是处处领先者，但它是技术最全面者。现在我们比较熟悉的一些发动机先进技术，如燃油缸内直喷、可变气门、涡轮增压、机械增压、清洁柴油发动机等，在奥迪车型上都能找到。

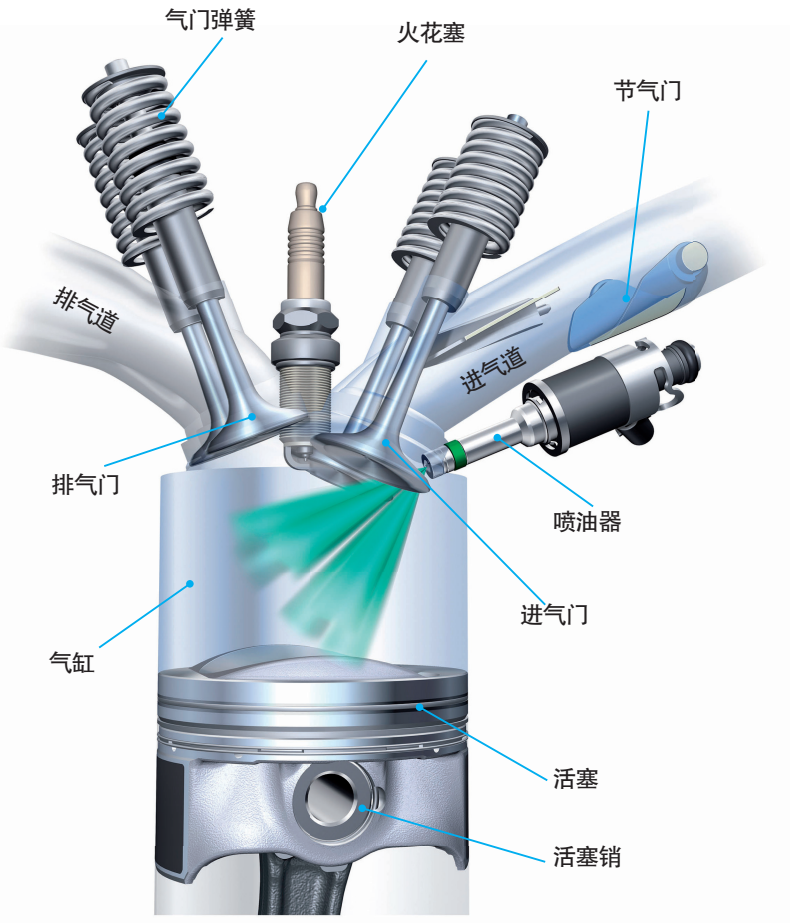


奥迪2.5升TFSI涡轮增压燃油缸内直喷汽油发动机

Fuel Stratified Injection
燃油缸内直喷技术（FSI）

什么是 FSI？

FSI 是 Fuel Stratified Injection 的缩写，意指“燃油分层喷射”。在设计上，FSI 发动机与其他传统发动机的区别在于：与歧管喷射原理不同，FSI 发动机配备了按需控制的燃油供给系统，汽油被直接喷入燃烧室，共轨高压喷射系统负责提供精确的燃料，形成 10 兆帕左右的工作压力。同时，可以毫秒级精确计算注入汽油量，从而提高燃烧效率，节省燃油。



奥迪2.5升TFSI涡轮增压汽油发动机

为什么要采用 FSI？

有关研究表明，理想状态下，汽车发动机做功后只有 31% 的能量转化为有效牵引力，而发动机和传动系统的自身能耗则高达 38%。如此高的能耗比例对于汽车厂家来说既是一个头疼的难题，也是一个难得的机遇。利用更多的气门已无法大幅度提升发动机的性能，而燃油缸内直喷技术则是目前最佳的解决方案之一。

理解燃油缸内直喷技术的先进性，还要从传统的汽车发动机说起。早已淘汰的化油器发动机和现今仍是主流的电喷发动机都属于“缸外供油”发动机，由于设计上的局限（燃油经喷油器喷出，在进气歧管内与空气混合后通过进气门进入气缸），混合气在活塞运动的负压作用下进入燃烧室的过程中，不可能完全适应发动机的复杂工况，必然导致热能转换效率的降低。这不仅影响到发动机的动力性能，更增加了油耗和排放。而如果能根据发动机不断变化的工况需要精确控制燃油的喷射量，并直接喷射进燃烧室，则可以明显提高燃烧效率、减少排放和油耗。这正是采用 FSI 技术的最主要原因。

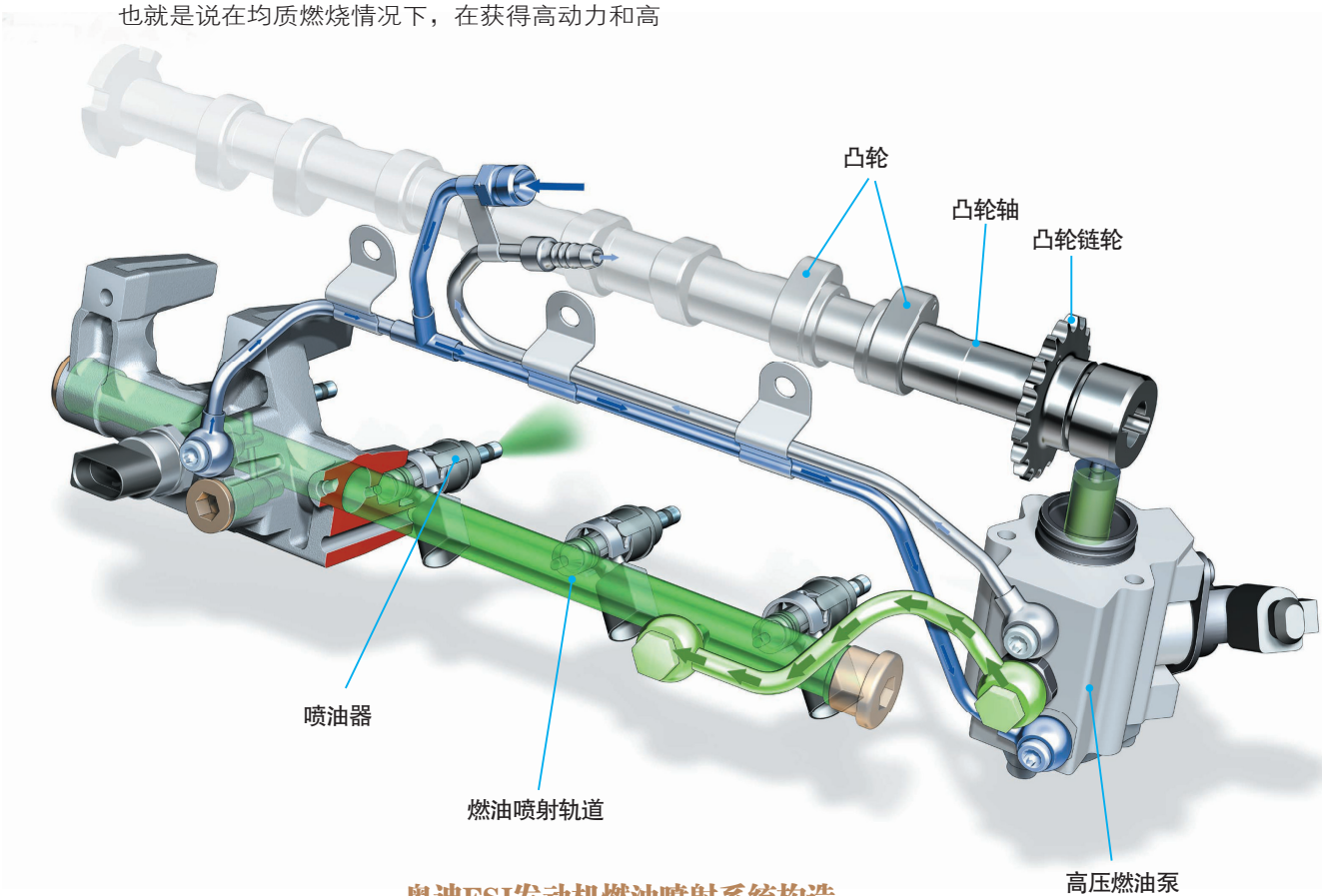
燃油缸内直喷技术的优势何在？

奥迪 FSI 发动机的最大特点是它可以根据发动机负荷工况自动选择两种运行模式。在低负荷时为分层稀薄燃烧，在高负荷时则为均质燃烧。在低负荷时，节气门为半开状态，燃油系统在发动机压缩行程时喷注燃油，特别的活塞顶设计使吸入的空气和喷入的燃油形成滚流，仅在火花塞周围形成达到理论空燃比的足以燃烧的混合气，来引燃整个燃烧室内的混合气；而在燃烧室的其他地方则为富含空气的高空燃比的混合气，所以形成稀薄燃烧。

在高负荷时，节气门全开，根据吸入空气量精确控制燃油的喷射量，燃油与空气同步注入气缸并充分雾化混合，使符合理论空燃比的混合气均匀地充满燃烧室，即形成均质燃烧，充分的燃烧使发动机动力得到淋漓尽致的发挥。而燃油的蒸发又使混合气降温，降低了爆燃产生的可能性。也就是说在均质燃烧情况下，在获得高动力和高转矩输出的同时，只付出了较低的燃油消耗。

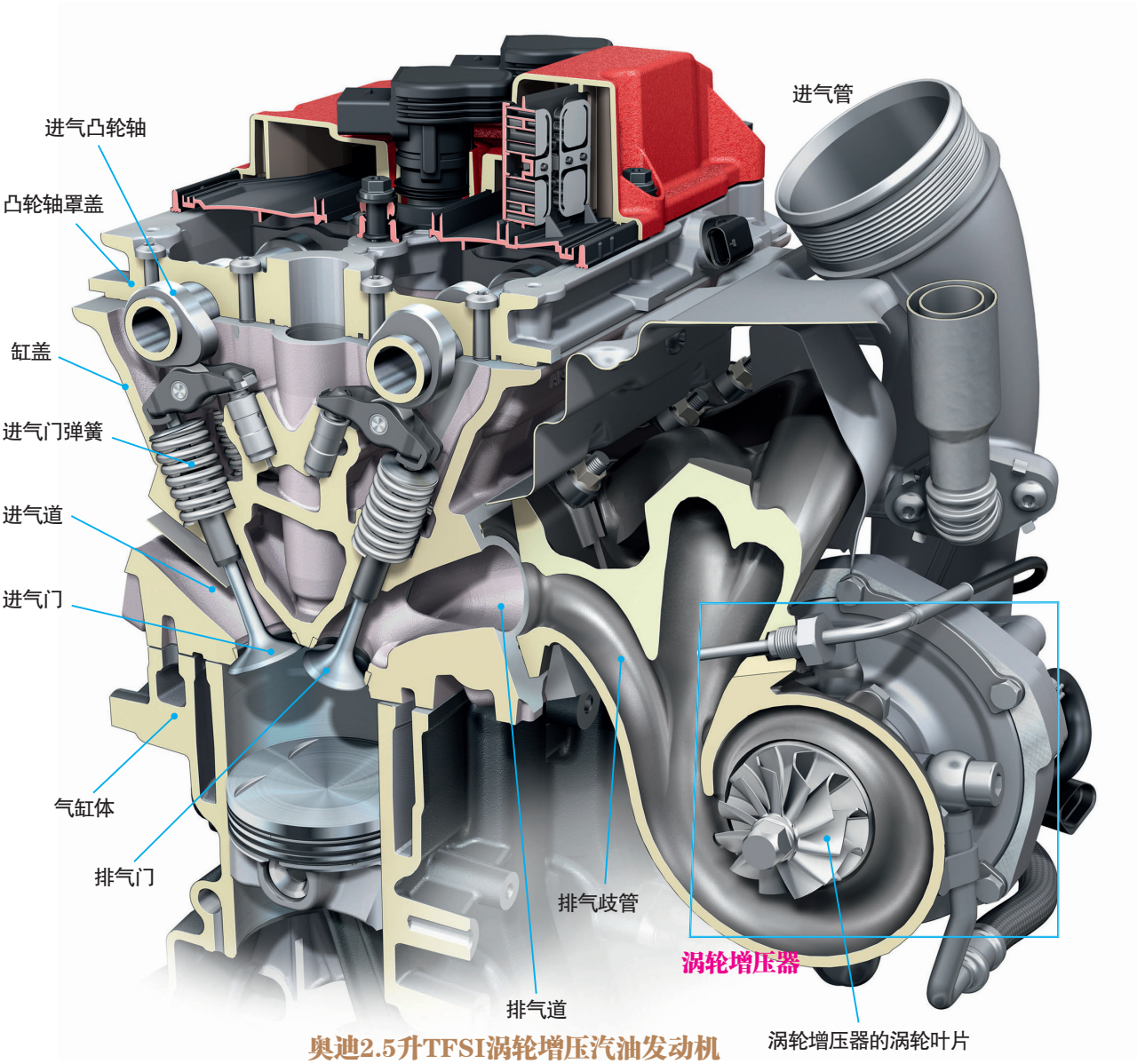
可以看到，FSI 技术省油的技巧主要是通过分层稀薄燃烧来实现的，这个时候的动力相比传统发动机来说并无优势，提高动力性能表现是在均质燃烧阶段。在节气门半开状态下，分层喷射方式可充分发挥燃料的经济效益，因为这时只在火花塞周围才需要富含汽油的可燃混合气。而在燃烧室的其他地方只需喷射含高比例空气的油气混合物。在日常驾驶条件下，直喷式汽油发动机技术的节油性能更加显著，因为发动机会在分层喷射和均匀喷射两种模式中不断切换。

总结：将燃油直接喷入气缸的 FSI 发动机，相比将燃油喷射至进气歧管的传统发动机，其优点在于：1）动力反应能力显著提高；2）输出功率和转矩更大；3）燃油消耗明显降低。



奥迪FSI发动机燃油喷射系统构造

Turbo FSI Engine
涡轮增压技术（TFSI）



奥迪2.5升TFSI涡轮增压汽油发动机

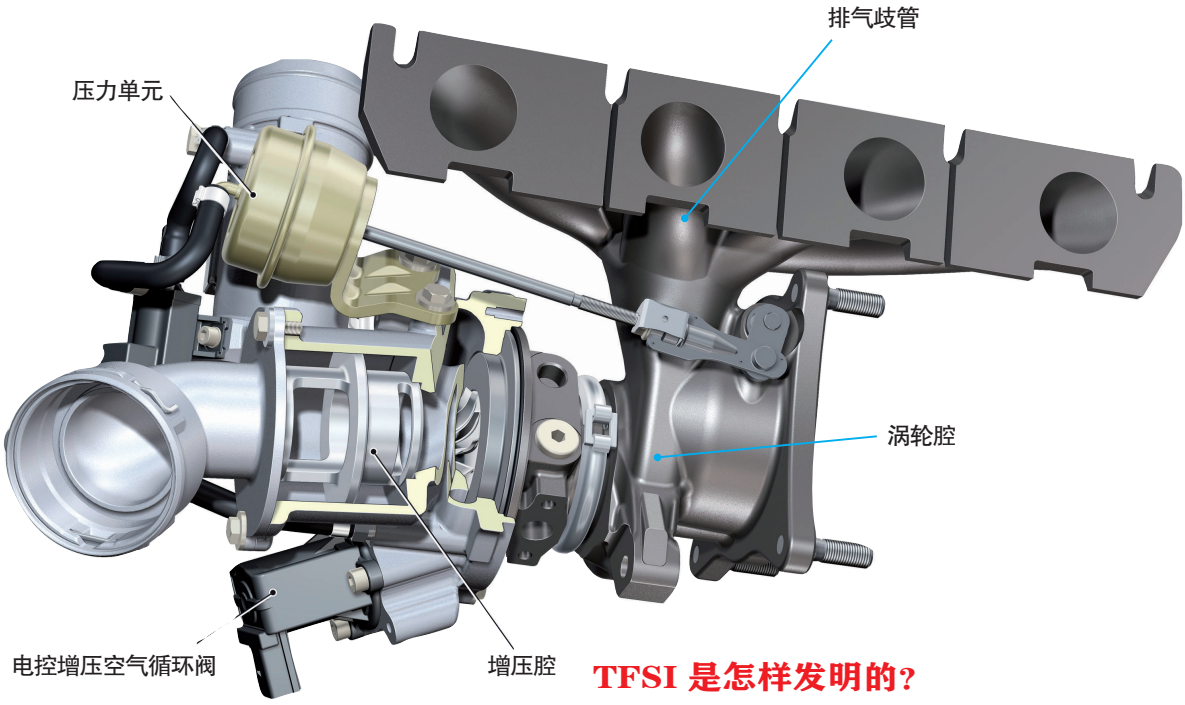
什么是 TFSI？

TFSI 是指“涡轮增压式燃油缸内直喷发动机”（只有 3.0TFSI 是例外，它采用机械增压技术），它是在 FSI 的基础上增加了涡轮增压系统，但放弃了分层充气工作模式，只有均质充气工作模式和涡轮增压效果。它显然更加注重动力性，是以“以进为退”或“以加为减”的方式达到节省燃油的目的。

为什么在中国销售的 TFSI 要取消分层燃烧?

在中国市场上使用的奥迪 TFSI 发动机（包括大众的 TSI 发动机）取消了最初设计的分层燃烧模式，也就是说，不论是低负荷工况还是高负荷工况，发动机的燃油喷射系统都只会进行均匀喷射。虽然 TFSI 的名称没变，但其内在品质已发生了变化。据了解，不仅在中国市场，在北美市场上的 TFSI 发动机也取消了分层燃烧模式，其原因是油品质量和环保要求不利于分层燃烧模式。

在低负荷时，节气门处于半开状态，燃油可以分层喷射，这样形成的稀薄燃烧可以节省燃油，但会生成过多的氮氧化物。尽管三元催化剂可以有效地转换氮氧化物，但是高含硫汽油对三元催化剂有副作用并影响催化效率，从而导致氮氧化物排放超标。因此，为了达到环保要求，在油品无法保证的情况下，只好牺牲经济性而力保动力性和环保达标了。



奥迪1.8TFSI涡轮增压器总成

涡轮增压

利用发动机排出的废气动力来吹动排气涡轮旋转，并驱动同轴的进气涡轮旋转，从而可以对即将进入气缸内部的空气进行压缩，提高进气量，使气缸内的燃油燃烧得更加充分，爆发出更大的动力，同时还可以节省燃油。如果发动机转速较低，排出的废气动力就较小，因此，涡轮只有在发动机转速超过怠速或更高时才会起动。但是因为上述运行原理需要有个过程，所以一般涡轮增压发动机都有“迟滞反应”问题。随着科技进步，这个迟滞反应越来越不明显。

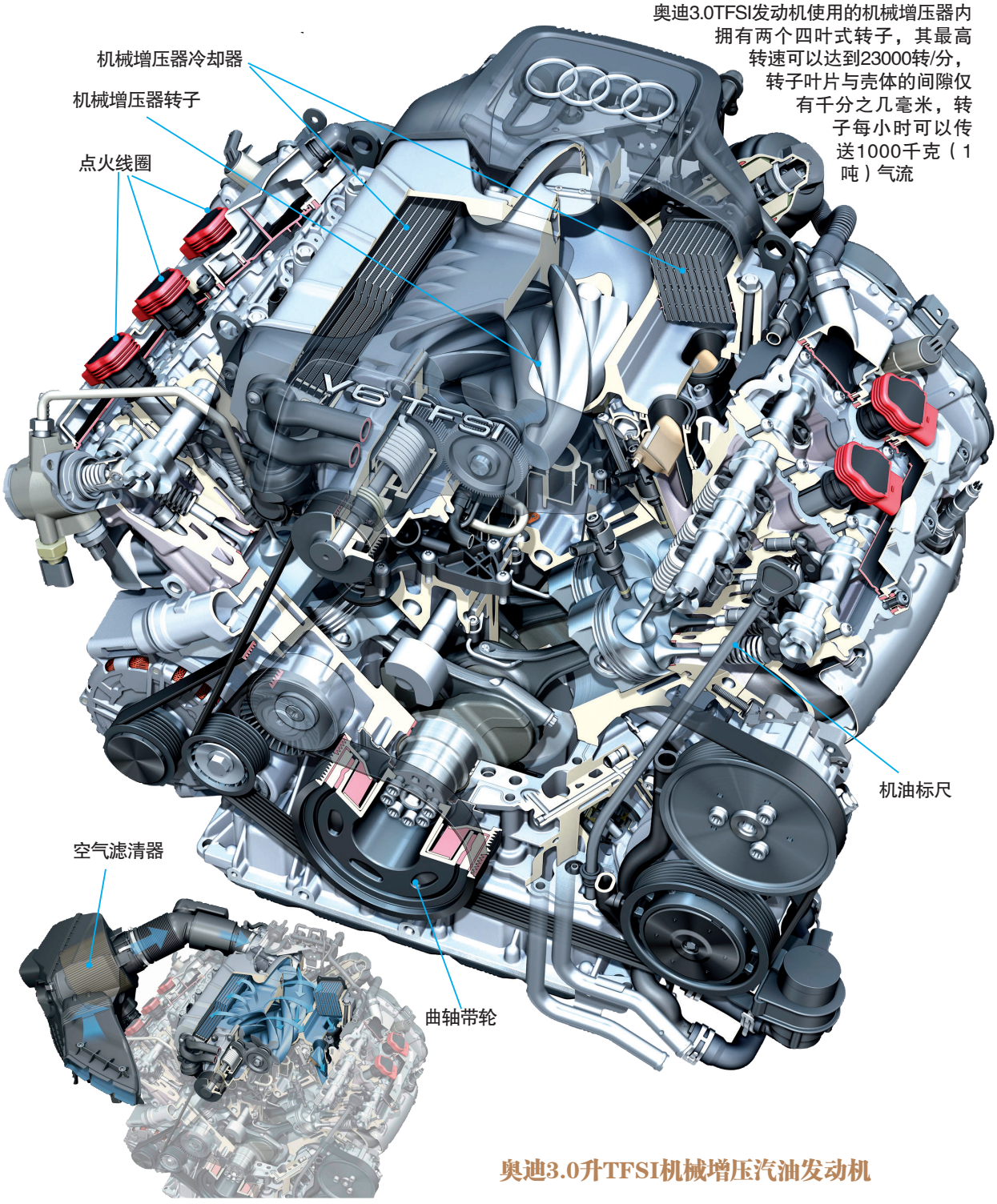
TFSI 是怎样发明的?

奥迪不是 FSI 技术的发明者，但奥迪对传统汽油发动机技术的最大贡献是在 FSI 之前加了个“T”（涡轮增压）。2004 年，奥迪在 FSI 的基础上开发出了 TFSI。这是奥迪的独创，主要得益于它在清洁柴油发动机（TDI）领域的领先技术。在奥迪看来，既然 FSI 与 TDI 同为“缸内直喷”，何不将 TDI 的涡轮增压技术也运用到 FSI 上呢？结果，两者的完美结合使得奥迪在不牺牲传统发动机驾驶乐趣的前提下降低了油耗和排放。以奥迪 A4 为例，1998 年生产的 1.8 升发动机的最大功率为 110 千瓦，百千米平均油耗为 8.1 升；如今配备了 2.0 TFSI 发动机的 A4L 的最大功率为 132 千瓦，而百千米平均油耗仅为 7.1 升。

Compressor Supercharging

机械增压技术（3.0TFSI）

奥迪3.0TFSI发动机使用的机械增压器内拥有两个四叶式转子，其最高转速可以达到23000转/分，转子叶片与壳体的间隙仅有千分之几毫米，转子每小时可以传送1000千克（1吨）气流

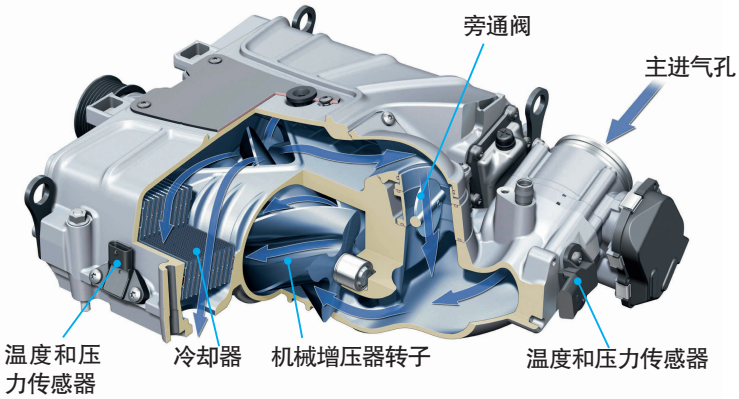


奥迪3.0升TFSI机械增压汽油发动机

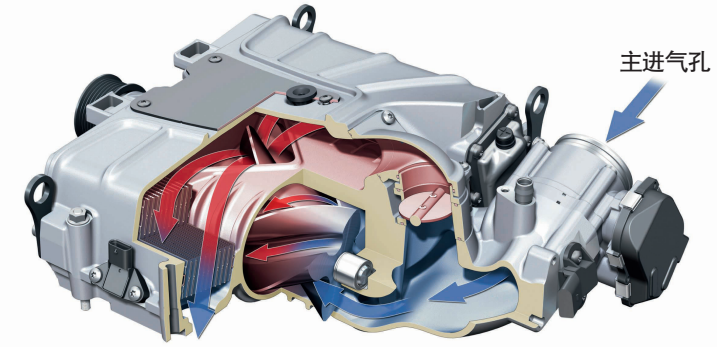
谁也没想到，原来一直使用涡轮增压技术提升发动机性能的奥迪，突然在 2008 年推出一台 3.0 升的机械增压发动机。其实，早在 20 世纪 30 年代，奥迪的前身“汽车联盟”就曾使用机械增压式发动机汽车参加大奖赛了。奥迪从 20 世纪 70 年代末才放弃机械增压而改走涡轮增压路线。

现在奥迪唯一一台机械增压发动机被广泛应用于 A4、A6、Q7 等主要车型上，排量 3.0 升，V6 气缸排列，气缸呈 90° 夹角，采用双中冷器，并且在 Q7 上还采用两种调校方式，以分别取代原来的 4.2 升和 3.6 升自然吸气汽油发动机。其中 245 千瓦高功率版 3.0 TFSI 发动机在 2900~5300 转 / 分区间内能产生 440 牛·米的转矩，最大功率在 5500~6500 转 / 分时输出。在机械增压技术和燃油缸内直喷技术的共同辅佐下，奥迪 Q7 3.0 TFSI quattro 配合 8 速 Tiptronic 手自一体式变速器，从静止加速到 100 千米 / 时只需 6.9 秒。

与原来的 4.2 升 FSI 发动机相比，尽管排量缩小近三成，但从静止加速到 100 千米 / 时的时间却提升了 0.5 秒，机械增压技术对发动机性能的提升作用可见一斑。



机械增压器空气流通图（旁通阀打开状态）



机械增压器空气流通图（旁通阀关闭状态）

机械增压和涡轮增压有什么区别？

第一是结构原理不同。涡轮增压是利用发动机排出废气的动力来推动涡轮转动的，然后再带动空气压缩机将即将进入发动机气缸的空气压缩，从而提高发动机的进气量，达到提高发动机动力输出的目的。而机械增压就不同了，它的空气压缩机是由发动机直接带动的，然后也是对即将进入气缸的空气进行压缩，从而达到提高发动机动力输出的目的。

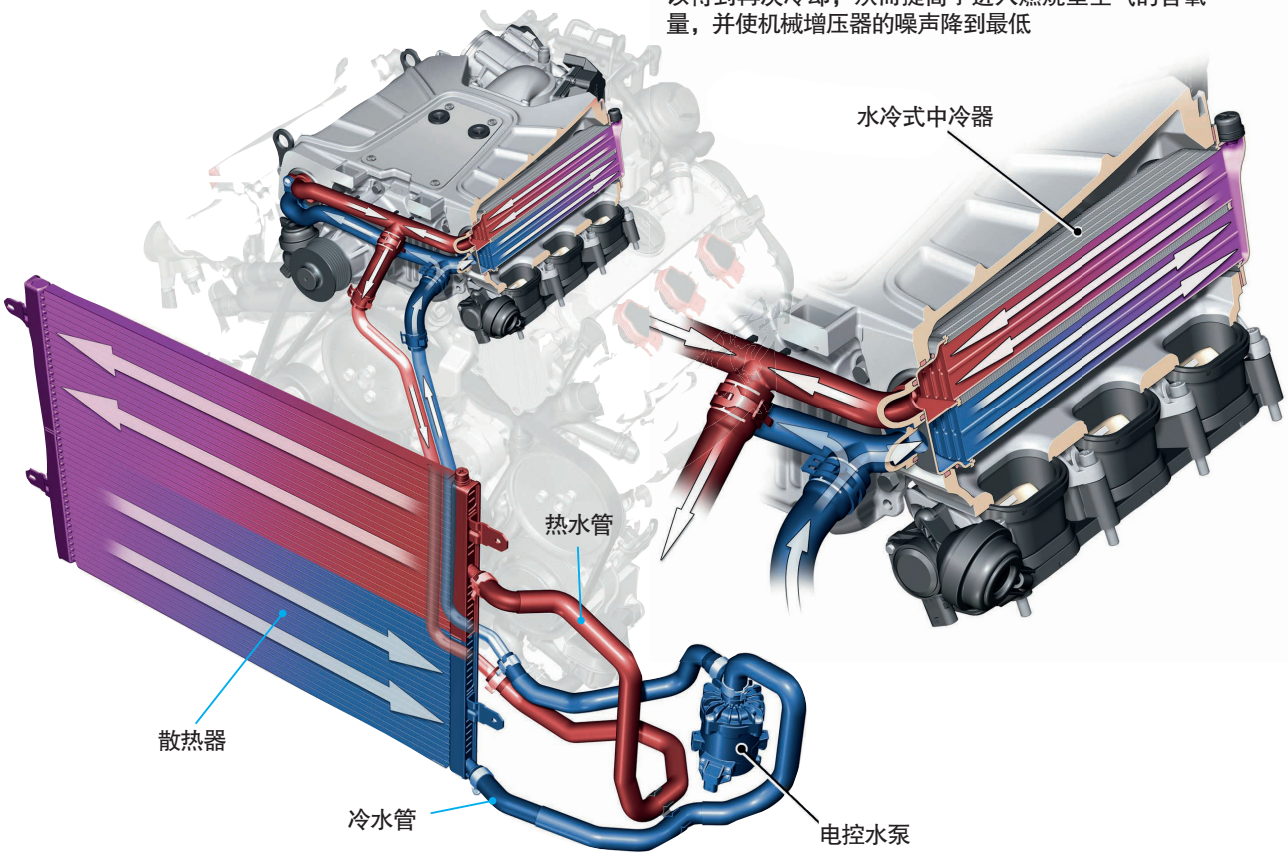
第二是起动时机不同。涡轮增压器只有在发动机达到一定转速时才会起动，因为当发动机转速太低时，其废气的动力根本无法带动空气压缩机运转，也就无法让涡轮增压器工作。然而，由于机械增压器的空气压缩机是由发动机直接带动的，只要发动机运转，机械增压器就能参与工作。

第三是对动力性能的影响不同。由于上述原因，涡轮增压器对提高高速运转时的动力性能比较有利，在低速时它基本没有参与工作。而机械增压器一直参与工作，因此它对低速运转时的动力输出比较有利，而在高速运转时其本身的能量消耗也加大，因此在高速运转时其效果比较微小。

第四是制造成本不同。由于机械增压器一直处于工作状态，它对精密度的要求较高，对维修保养要求也较高，因此它的制造成本和使用费用也较高。

奥迪 3.0TFSI 发动机技术

在奥迪3.0TFSI发动机上，为了冷却被压缩的空气，集成安装了两个铝质水冷式中冷器。它们分别连接在一个独立冷却回路上，经过其中的被压缩的热空气可以得到再次冷却，从而提高了进入燃烧室空气的含氧量，并使机械增压器的噪声降到最低

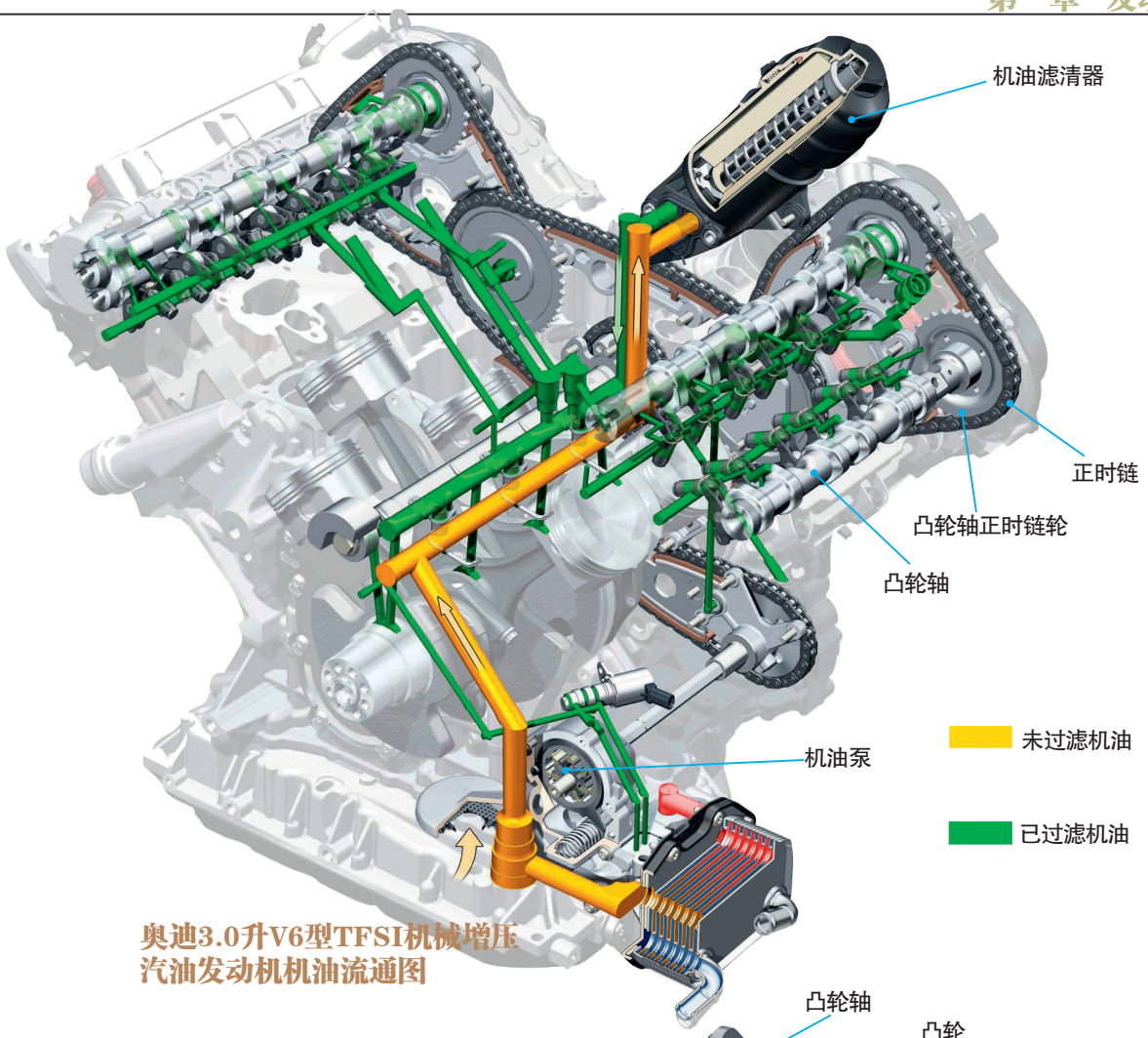


奥迪3.0TFSI发动机带低温循环的机械增压中冷器

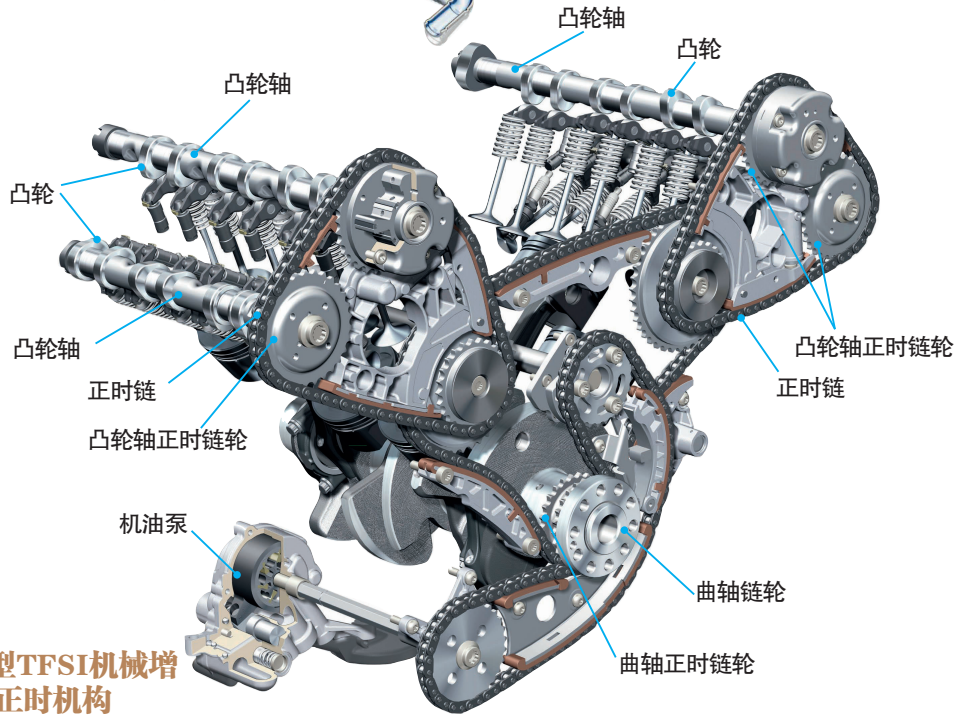
为什么唯独 3.0 升发动机采用机械增压方式?

奥迪汽车上装配的其他排量的发动机要么选择自然进气，要么选择涡轮增压方式，唯独 3.0 升的 V6 发动机选择了机械增压方式，并且也命名为 3.0TFSI。据介绍，选择机械增压还是涡轮增压的关键在于进气歧管的长度，如果 V6 发动机选择涡轮增压，则气流行走的时间会比较长，导致发动机的动力反应延迟。相比之下，2.0TFSI 发动机选择涡轮增压是因为它是直列 4 缸发动机，进气歧管本身较短，涡轮增压通过短进气歧管能发挥快速和有效的作用，因此就没有必要选择机械增压方式。机械增压器的气路非常短，这就意味着转矩增加非常快，响应速度甚至超过相同排气量的自然吸气式发动机。事实上，奥迪 3.0TFSI 发动机对于加速踏板的反应十分灵敏，发动机转速可以轻而易举地飙升到 6500 转 / 分。

奥迪Q7配备的3.0升V6型TFSI机械增压汽油发动机



奥迪3.0升V6型TFSI机械增压汽油发动机机油流通图

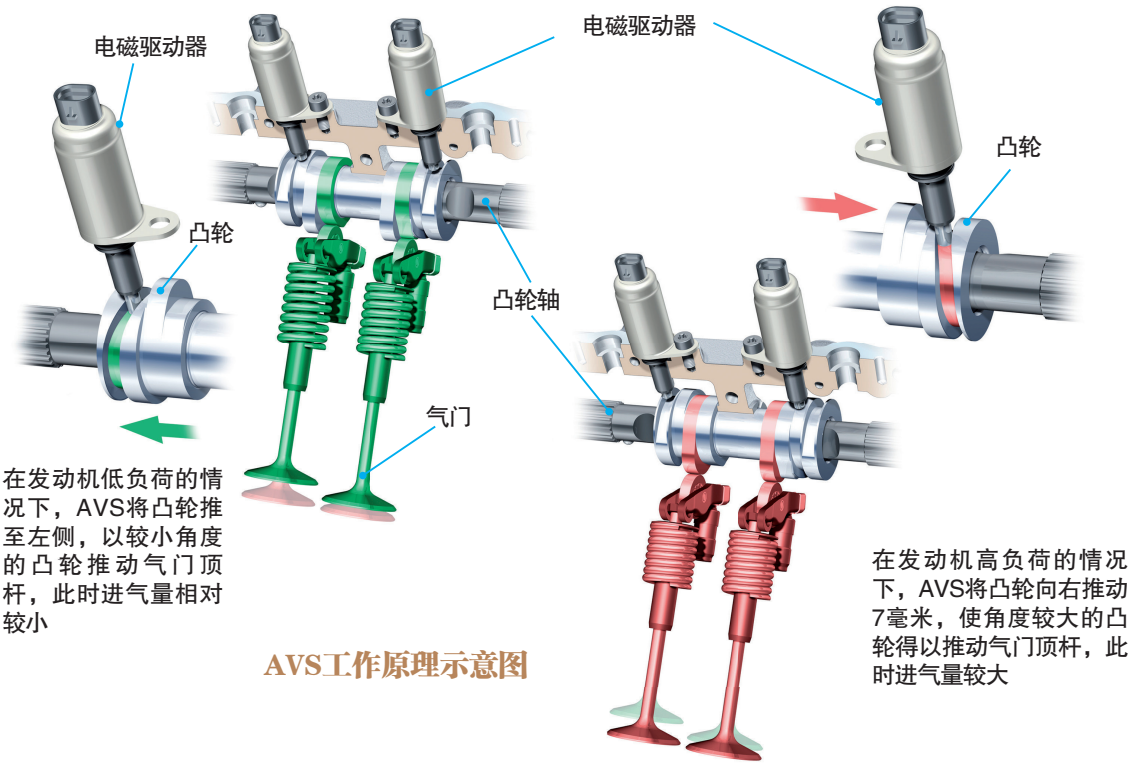


奥迪3.0升V6型TFSI机械增压汽油发动机正时机构

Audi Valvelift System

可变气门升程技术（AVS）

相对而言，奥迪一直比较专注于研究缸内的工作，如燃油缸内直喷、涡轮增压等，但对于气门调节技术却一直不太重视。经过长达 6 年的研究，2008 年奥迪正式推出名为 AVS（Audi Valvelift System，奥迪气门提升系统）的可变气门升程技术。奥迪的 AVS 技术可对汽油发动机的进气门升程加以有效控制，从而适时调节发动机的进气量。



在发动机低负荷的情况下，AVS将凸轮推至左侧，以较小角度的凸轮推动气门顶杆，此时进气量相对较小

在发动机高负荷的情况下，AVS将凸轮向右推动7毫米，使角度较大的凸轮得以推动气门顶杆，此时进气量较大

AVS工作原理示意图

AVS 是怎样实现调节气门升程的？

气门的运动是由凸轮轴来控制的，而凸轮轴上的凸轮形状决定了气门工作的正时和升程。AVS 就是在凸轮轴上装备两级不同的凸轮，以实现对气门运动特性的调节。

AVS 的核心部件：一是在负责控制进气门的凸轮轴上装备两组不同角度的凸轮；二是装有负责改变升程的螺旋沟槽套筒。螺旋沟槽套筒由电磁驱动器加以控制，以切换使用两组不同凸轮，改变进气门的正时和升程。

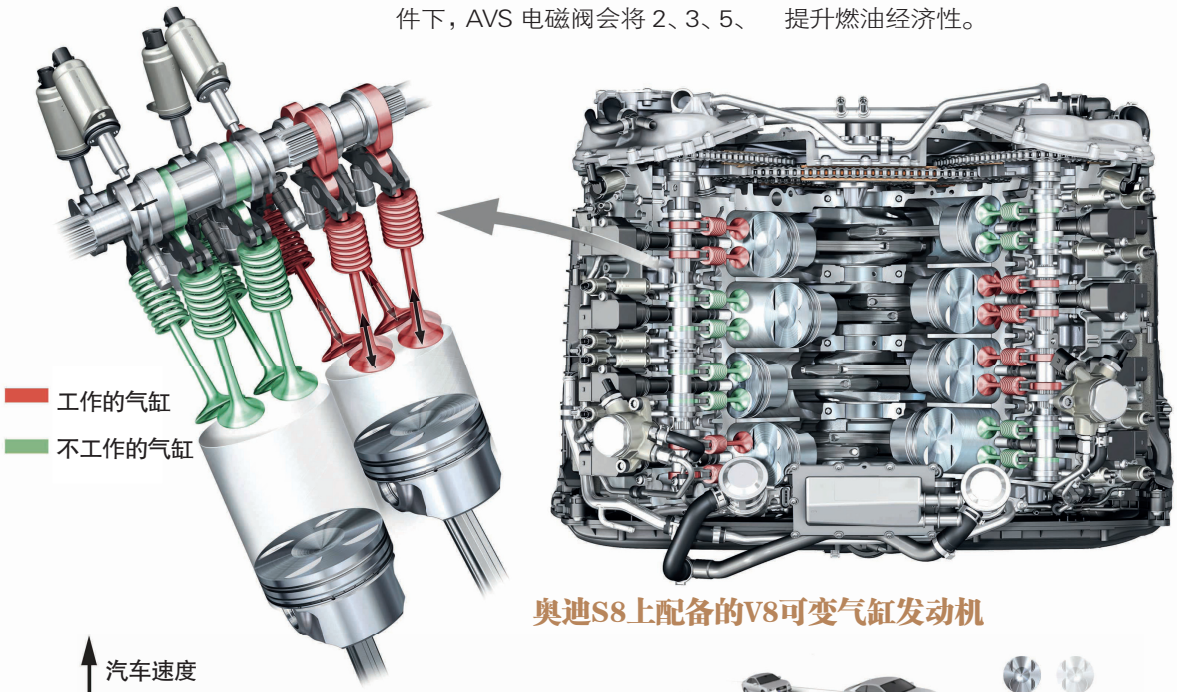
在发动机高负荷的情况下，AVS 将凸轮向右推动 7 毫米，使角度较大的凸轮得以推动气门顶杆。在此情况下，气门升程可达到 11 毫米，以提供燃烧室最佳的进气量和进气流速，实现更加强劲的动力输出。

而在发动机低负荷的情况下，为了追求发动机节油性能，AVS 将凸轮推至左侧，以较小角度的凸轮推动气门顶杆。此时气门升程可在 2~5.7 毫米进行调整。由于采用不对称的进气升程设计，空气可以以螺旋方式进入燃烧室，再搭配特殊外廓的燃烧室和活塞头设计，可进一步优化气缸内油气混合的状态。

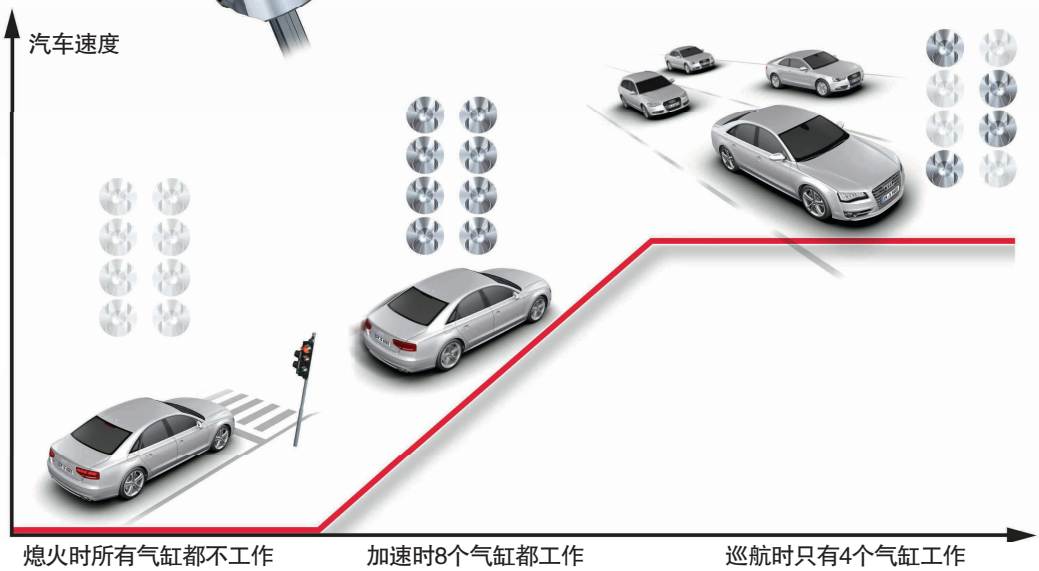
Audi Cylinder on Demand

可变气缸技术（COD）

奥迪的可变气缸技术是建立在可变气门升程技术（AVS）基础上的一项技术。它在进排气两侧的凸轮轴上安装一套“零升程”的凸轮，每根凸轮轴由4个AVS电磁阀控制。在特定条件下，AVS电磁阀会将2、3、5、8气缸的凸轮轴切换至零角度凸轮，同时由发动机控制模块停止点火和供油，实现4个气缸停止工作。借助这项技术，发动机可根据行驶需要由8气缸切换至4气缸工作状态，从而提升燃油经济性。



奥迪S8上配备的V8可变气缸发动机



奥迪可变气缸发动机工作示意图

Turbo Direct Injection
TDI 柴油发动机

TDI 是英文 Turbo Direct Injection 的缩写，意为涡轮增压直接喷射（柴油发动机）。实际上 TDI 已经成为奥迪和大众集团的注册商标，特指奥迪与大众集团旗下采用涡轮增压直喷技术的柴油发动机。现在 TDI 已成为国际最先进的车用柴油发动机的代表之一，不仅动力强劲，而且燃油消耗较低，在欧洲已得到普及。但由于油品的关系，TDI 在中国“水土不服”，可靠性极差，多年来一直未能得到推广。

TDI 柴油发动机有什么优势？

奥迪的 TDI 柴油发动机在 1989 年首次应用于奥迪 100TDI 车型上。

与汽油发动机相比，得益于柴油的物理特性，柴油发动机可以更好地发挥燃料中所蕴含的能量。TDI 柴油发动机更是将柴油发动机这一优势发挥到极致。

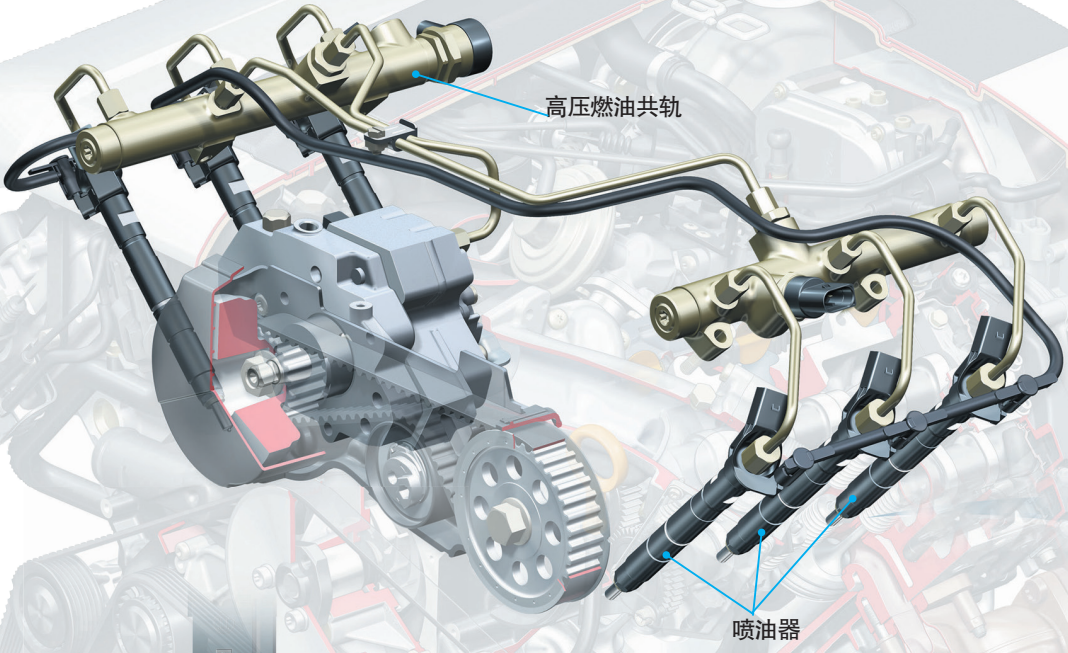
在 TDI 柴油发动机中，燃料直接喷入燃烧室。这在热力学上是一种理想的解决方案，特别是在与涡轮增压器相配合的情况下，可以大大增加吸入空气的供给，从而显著提高燃烧质量、功率、转矩及燃料使用率。奥迪今天所使用的 TDI 柴油发动机全部采用高压共轨直喷技术，在最高可达 200 兆帕压力的作用下，反应快速灵活的压电式喷嘴可实现燃料喷射量的精确控制，从而达到高精度的燃烧效果。

从 TDI 技术首次投入使用以来，奥迪不仅将排放降低了超过 10%，而且还使功率增加了一倍，转矩提高了 70%。

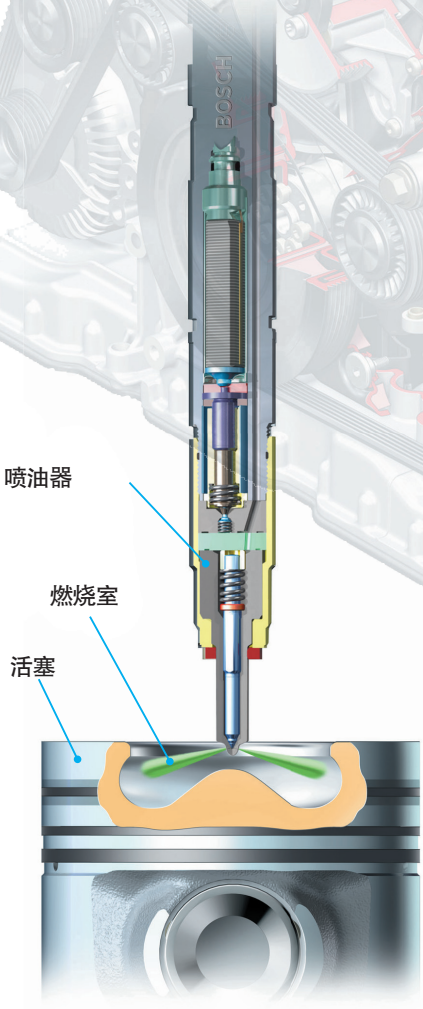
奥迪Q7 3.0TDI柴油发动机

压电式喷嘴

TDI柴油发动机喷油器上的压电式喷嘴由无数相互叠置的微型陶瓷碟片组成，如果施予电压，陶瓷碟片的晶体结构就会发生改变，也就是所谓的压电效应。碟片随后以最低限度的力扩张，快速而精确地作用于控制阀，控制阀则会触发阀针，从而喷射燃油



奥迪TDI柴油发动机高压共轨燃油喷射系统



奥迪TDI柴油发动机燃油喷射示意图

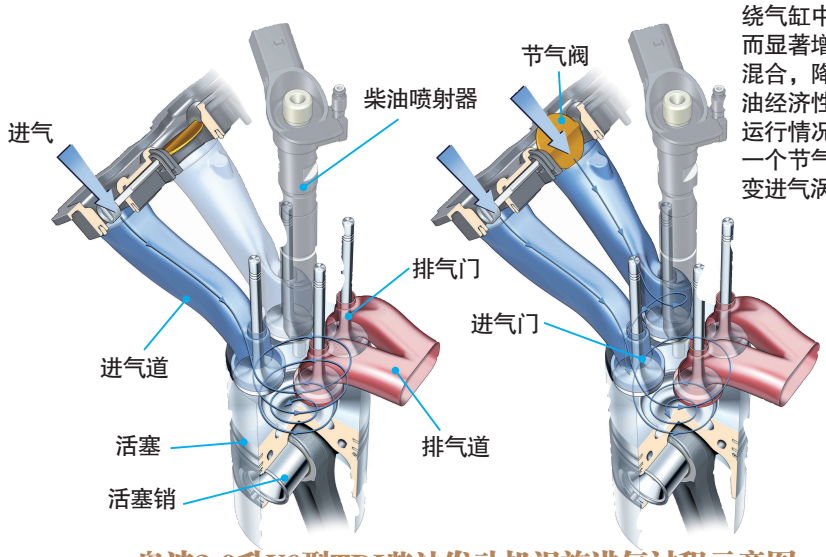
为什么说高压燃油共轨是 TDI 的核心技术？

TDI 柴油发动机采用的高压共轨系统中的“轨”其实是一个储压器，它由油泵供给，可在最高 200 兆帕的压力下存储燃油，这相当于将一辆高档豪华轿车的重量集中于 1 平方厘米的面积上。正是由于高压作用以及喷嘴上一个直径只有 0.1 毫米的精细小孔设计，共轨系统的喷油器能够将燃油雾化为极为精细的微粒，从而确保出色、均匀的油气混合及高效的燃烧。这是澎湃动力、低排放和低油耗的前提。

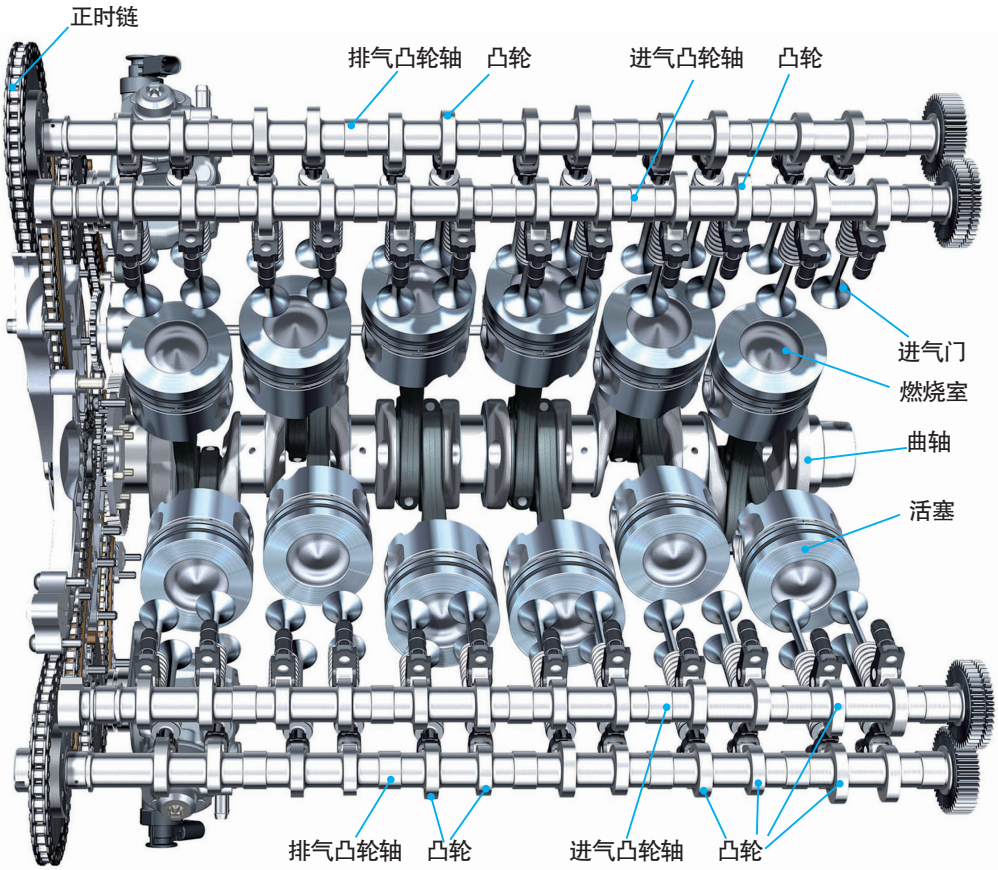
奥迪采用的压电式喷嘴能够在毫秒间完成开闭，喷射精准，喷射量可以控制在0.001 克的微量。这一高动态动作使得每一个工作循环的喷射次数都可以大大不同。例如，3.0TDI 最多可连续喷射 5 次。该技术降低了排放，而且通过预喷射使得燃烧过程更加平稳，使发动机的噪声得以优化。

奥迪 TDI 柴油发动机技术

通过巧妙设计，可让进气绕气缸中心形成涡旋，从而显著增强燃油和空气的混合，降低排放和提高燃油经济性。根据发动机的运行情况，可以开关其中一个节气阀，从而形成可变进气涡旋

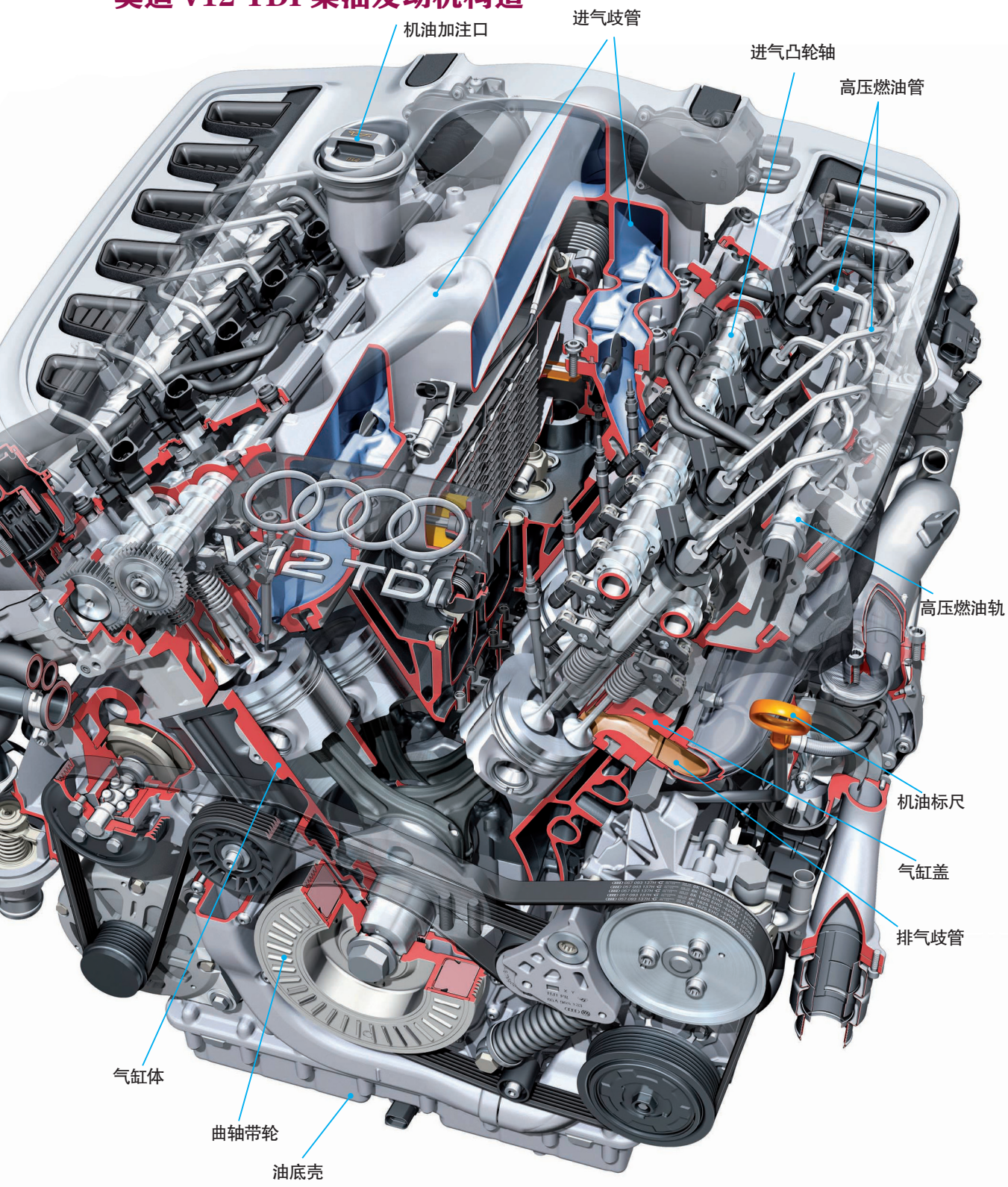


奥迪3.0升V6型TDI柴油发动机涡旋进气过程示意图



奥迪Q7车型6.0升V12 型TDI柴油发动机气门正时机构

奥迪 V12 TDI 柴油发动机构造



奥迪Q7车型6.0升V12 型TDI柴油发动机

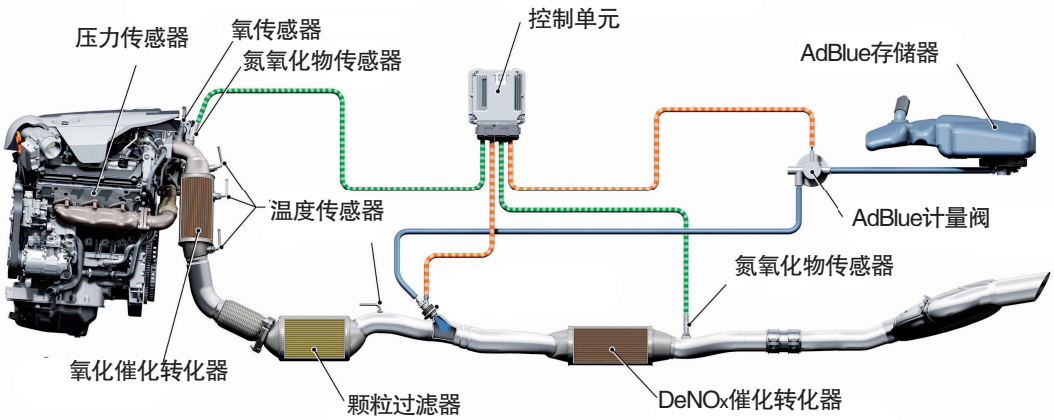
尿素催化转化器是怎么回事?

奥迪的 TDI 柴油发动机采用的清洁柴油装置，可有效减少 90% 的氮氧化物排放，从而使汽车达到非常高的排放标准。其秘密是采用一种创新的 DeNOx(去氮氧化物) 催化转化器，也称为“尿素催化转化器”。它能够减少残余的氮氧化物。

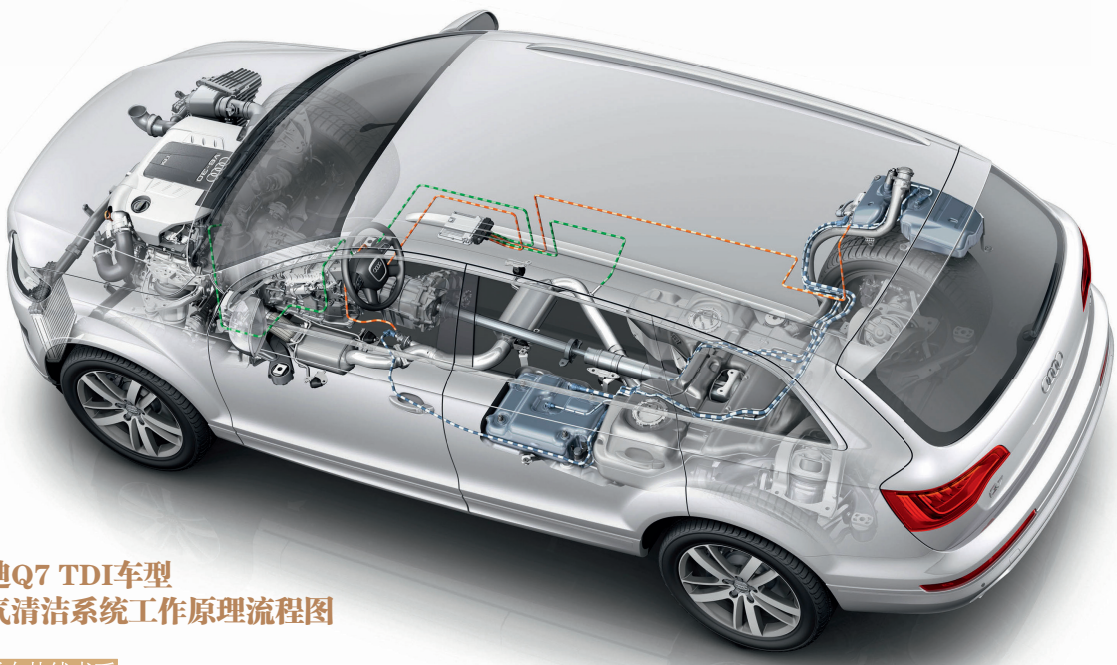
少量经过精确调配的 AdBlue 添加剂通过压力泵被直接逆向注入转化器。这种溶液与废气热流相遇，首先分解为尿素和水。而尿素又被转化为氨水，存于 DeNOx 催化转化器中与废气中的一氧化氮和二氧化氮反应，生成氮气和水。

AdBlue 是一种质量分数为 32.5% 的碳酸二酰胺溶液，可生物降解。AdBlue 溶液分别存于一个加热主动式存储器和一个更大的被动式存储器中，总容积为 20 升，足够正常保养服务期间的行驶使用。溶液添加可以通过紧挨柴油油箱盖的加注管完成。

车主只有在为汽车加油时才会觉察装备有清洁柴油机的汽车与普通柴油车的区别。在油箱盖下面有两个加注口：一个是柴油加油口；另一个是 AdBlue 添加剂加注口。为了避免误操作，AdBlue 加注口必须用螺钉旋具（俗称螺丝刀）才能开启，一般情况下，只有在做维修保养时才会加注 AdBlue 添加剂。

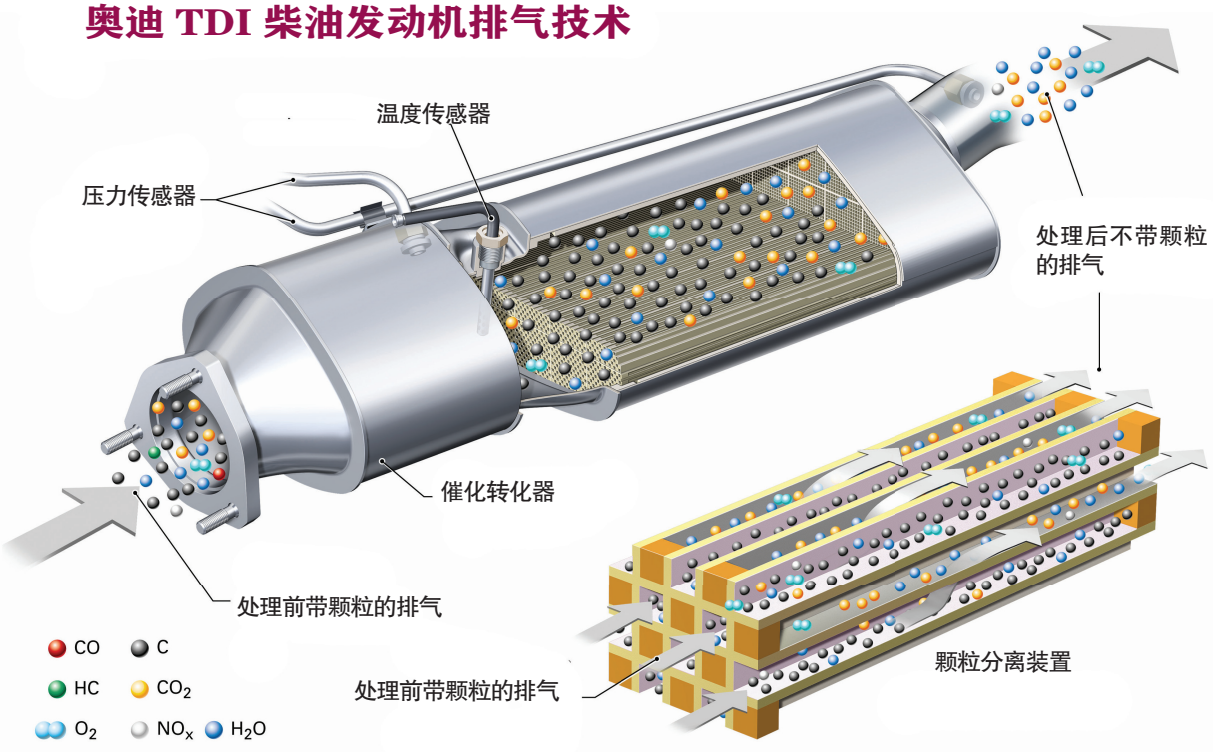


TDI柴油发动机排气清洁系统原理示意图

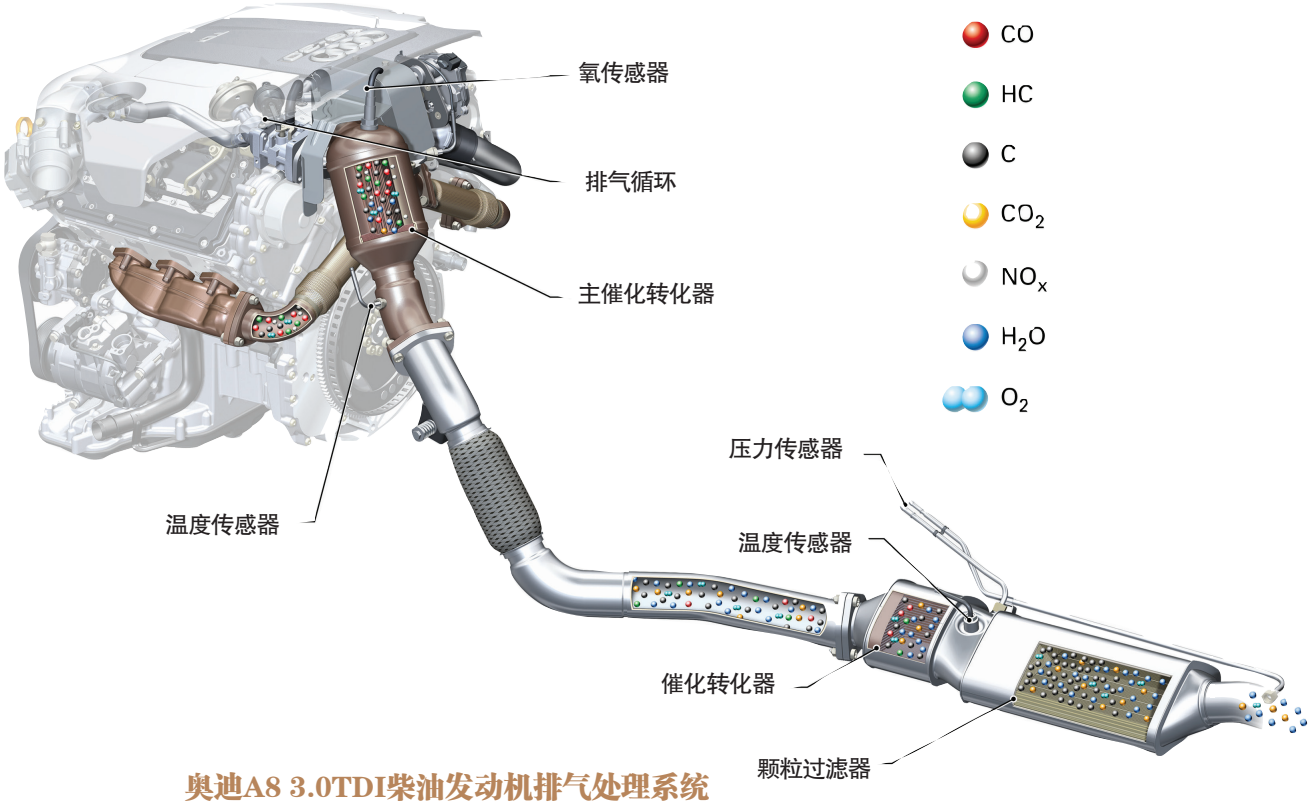


奥迪Q7 TDI车型
排气清洁系统工作原理流程图

奥迪 TDI 柴油发动机排气技术



奥迪A8 3.0TDI柴油发动机排气系统中的颗粒过滤器

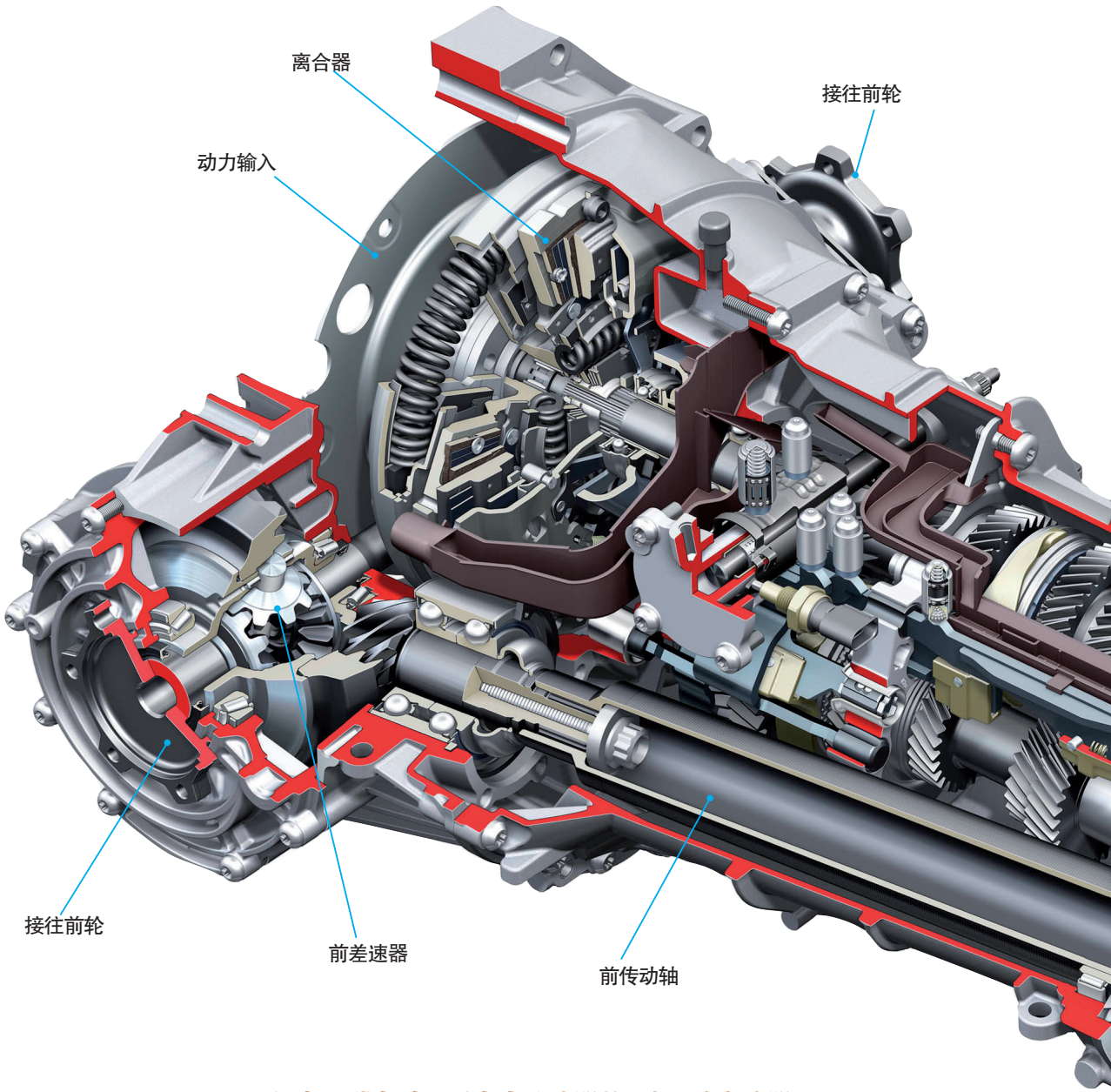


奥迪A8 3.0TDI柴油发动机排气处理系统

Chapter 2 TRANSMISSION

第二章 变速器

和发动机技术一样，奥迪在变速器方面也是技术非常全面的制造商，从传统的手动变速器（MT）、手自一体变速器（Tiptronic），到独具个性的无级变速器（multitronic）、双离合变速器（S tronic）和自动离合变速器（R tronic）等，所有你知道的和不知道的变速器，在奥迪车型上都能找到。

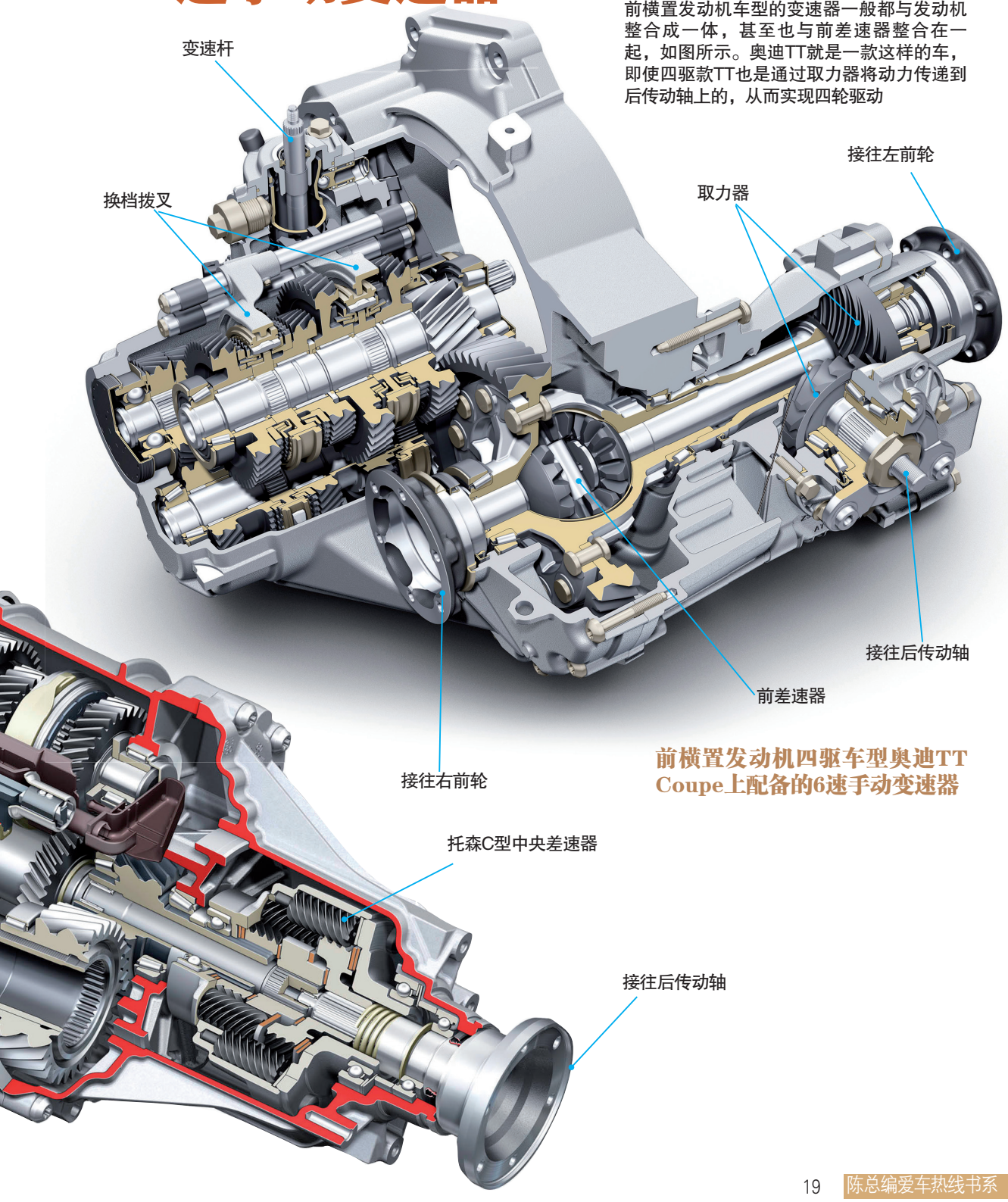


奥迪Q5带托森C型中央差速器的6速手动变速器

Manual Transmission

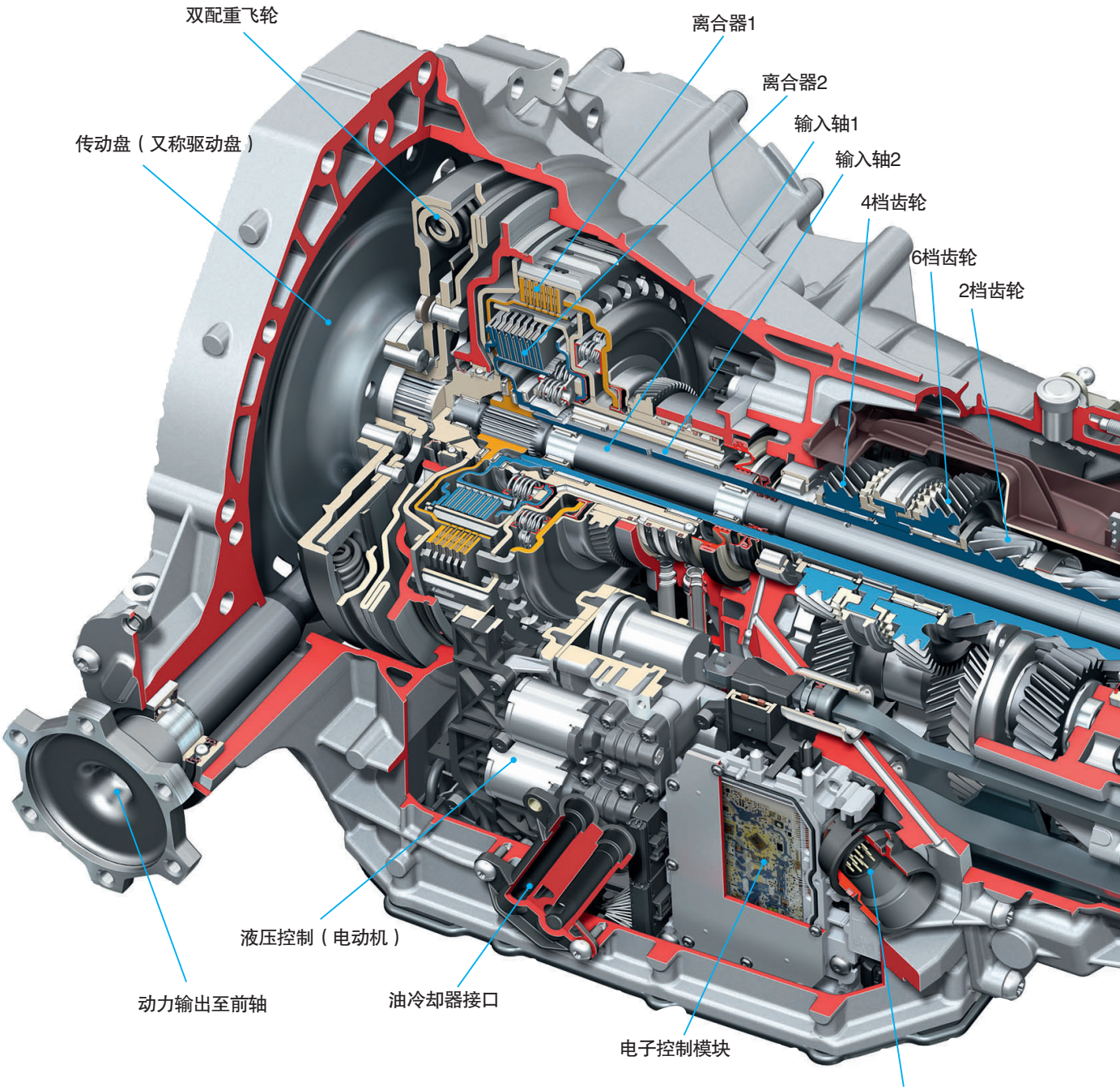
6 速手动变速器

前横置发动机车型的变速器一般都与发动机整合成一体，甚至也与前差速器整合在一起，如图所示。奥迪TT就是一款这样的车，即使四驱款TT也是通过取力器将动力传递到后传动轴上的，从而实现四轮驱动

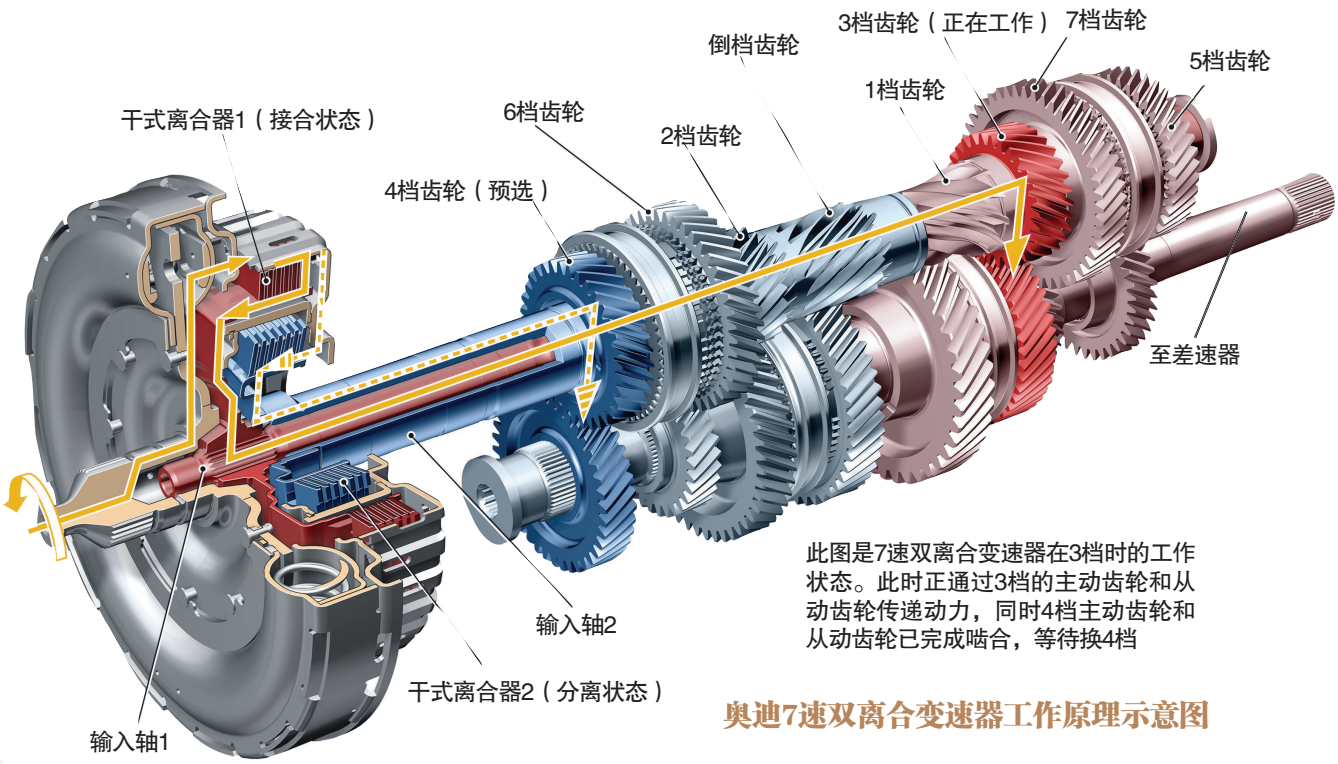


前横置发动机四驱车型奥迪TT Coupe上配备的6速手动变速器

Dual–Clutch Transmission
7 速双离合变速器

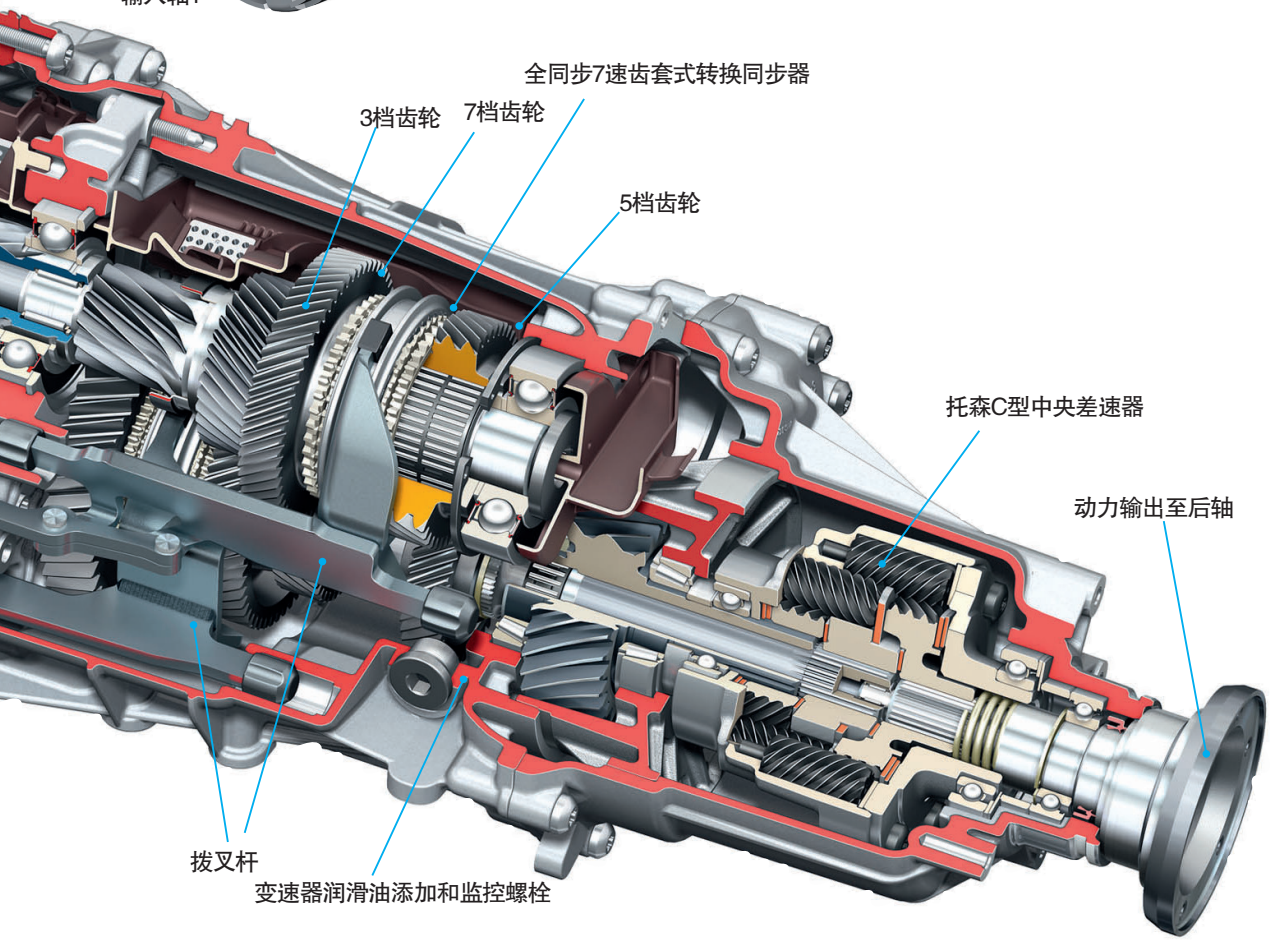


奥迪Q5车型上带中央差速器的7速双离合变速器构造



此图是7速双离合变速器在3档时的工作状态。此时正通过3档的主动齿轮和从动齿轮传递动力，同时4档主动齿轮和从动齿轮已完成啮合，等待换4档

奥迪7速双离合变速器工作原理示意图

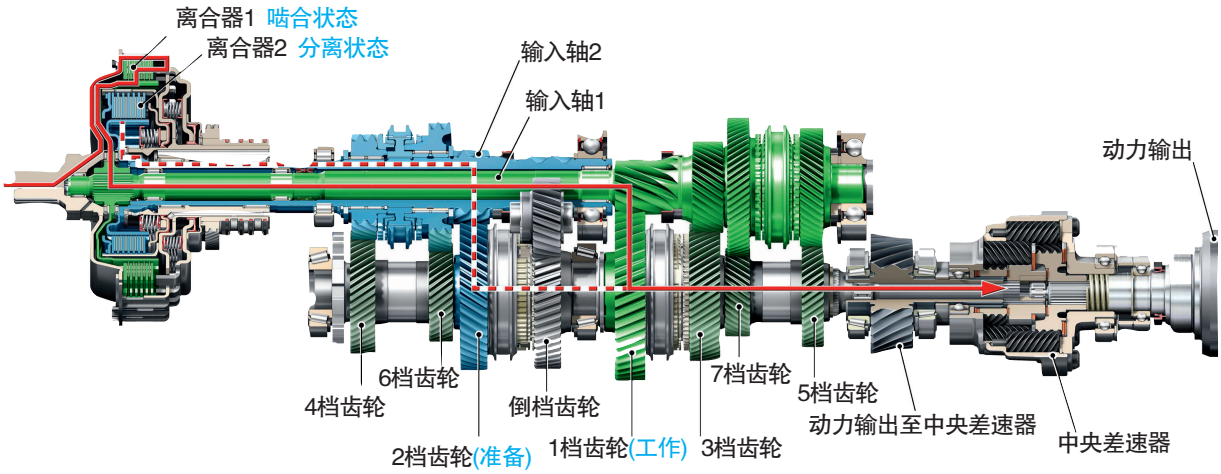


7 速双离合变速器是怎样变速的？

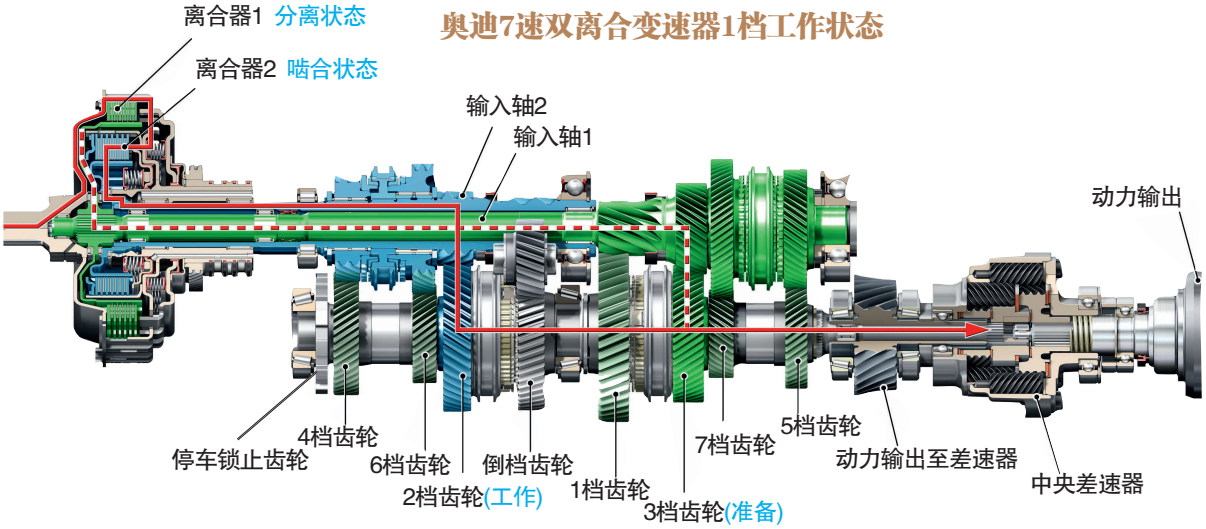
配备在奥迪纵置发动机车型上的 7 速 S tronic 双离合变速器，代表了目前双离合变速器的最前沿技术。它由两根传动轴和两套多片式离合器组成，它们分别控制不同的档位。位于外部的离合器通过实心轴将动力传递至 1、3、5、7 档齿轮。一个空心轴围绕实心轴旋转，并与内部的另一个离合器连接，控制 2、4、6 档和倒档的动作。两套传动机构中都有一套齿轮处于啮合状态，但每次只有一个齿轮通过选定的离合器与发动机连接。

当一套离合器控制传动轴与发动机连接时，另外一套系统随时处于待命状态。例如，当驾驶人在 3 档加速时，另外一根传动轴就已经做好了 4 档准备，通过改变离合器来实现档位切换。实际上，双离合变速器相当于将传统的复杂换档动作变成了简单的“换离合器”动作，因此，只需百分之几秒就可以快速而流畅地完成换档，从而使换档过程的动力流失降至最低。

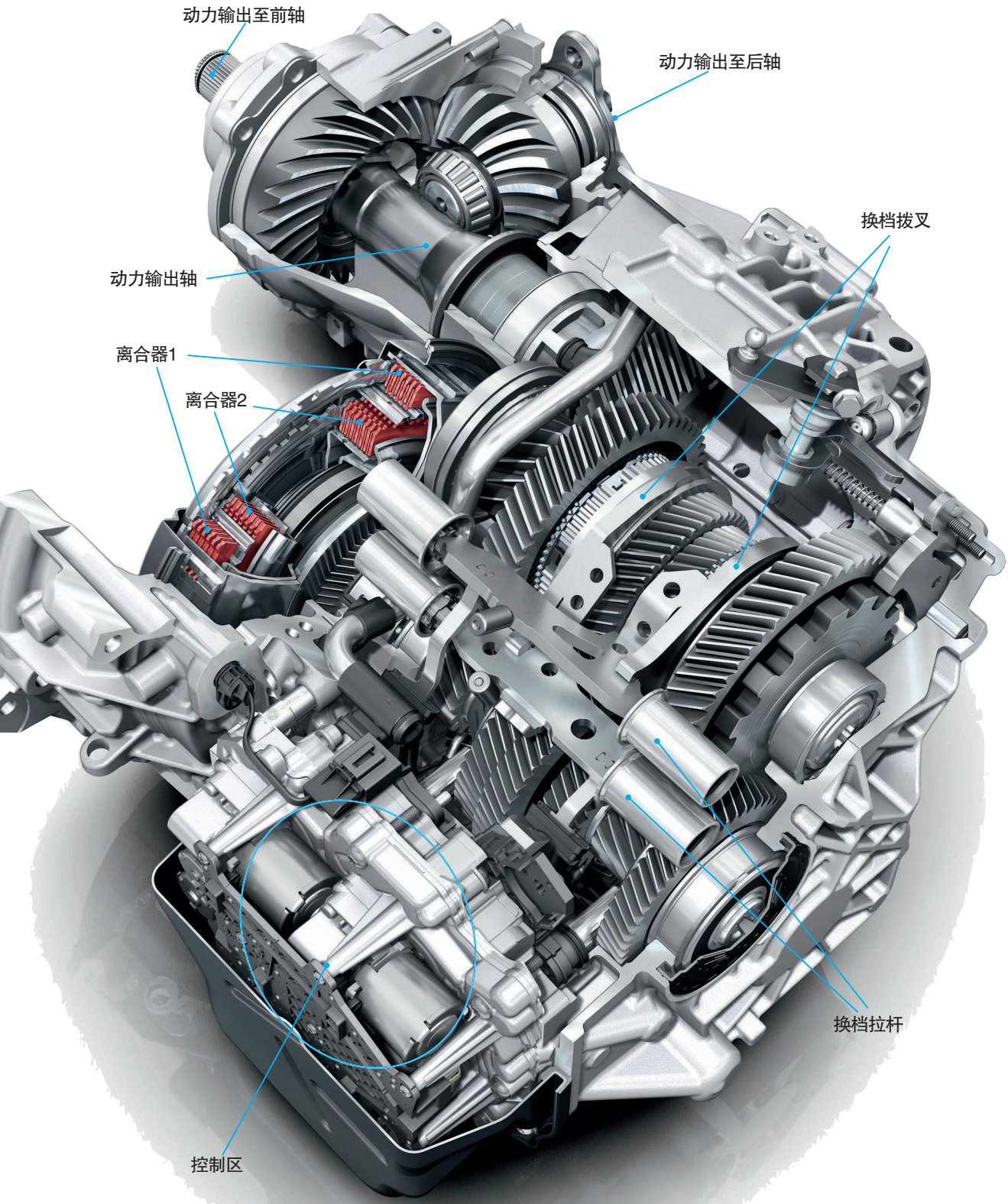
在 7 速 S tronic 双离合变速器中，第 1 档（最短）传动比和最后一档（最长）传动比之间的比值达到了 8.0:1。7 速 S tronic 双离合变速器拥有一个全自动模式，包括 D（标准）模式和 S（运动）模式，并有两种切换方式可供驾驶人选择——通过变速杆或者通过方向盘后方的换档拨片。



奥迪7速双离合变速器1档工作状态



奥迪7速双离合变速器2档工作状态

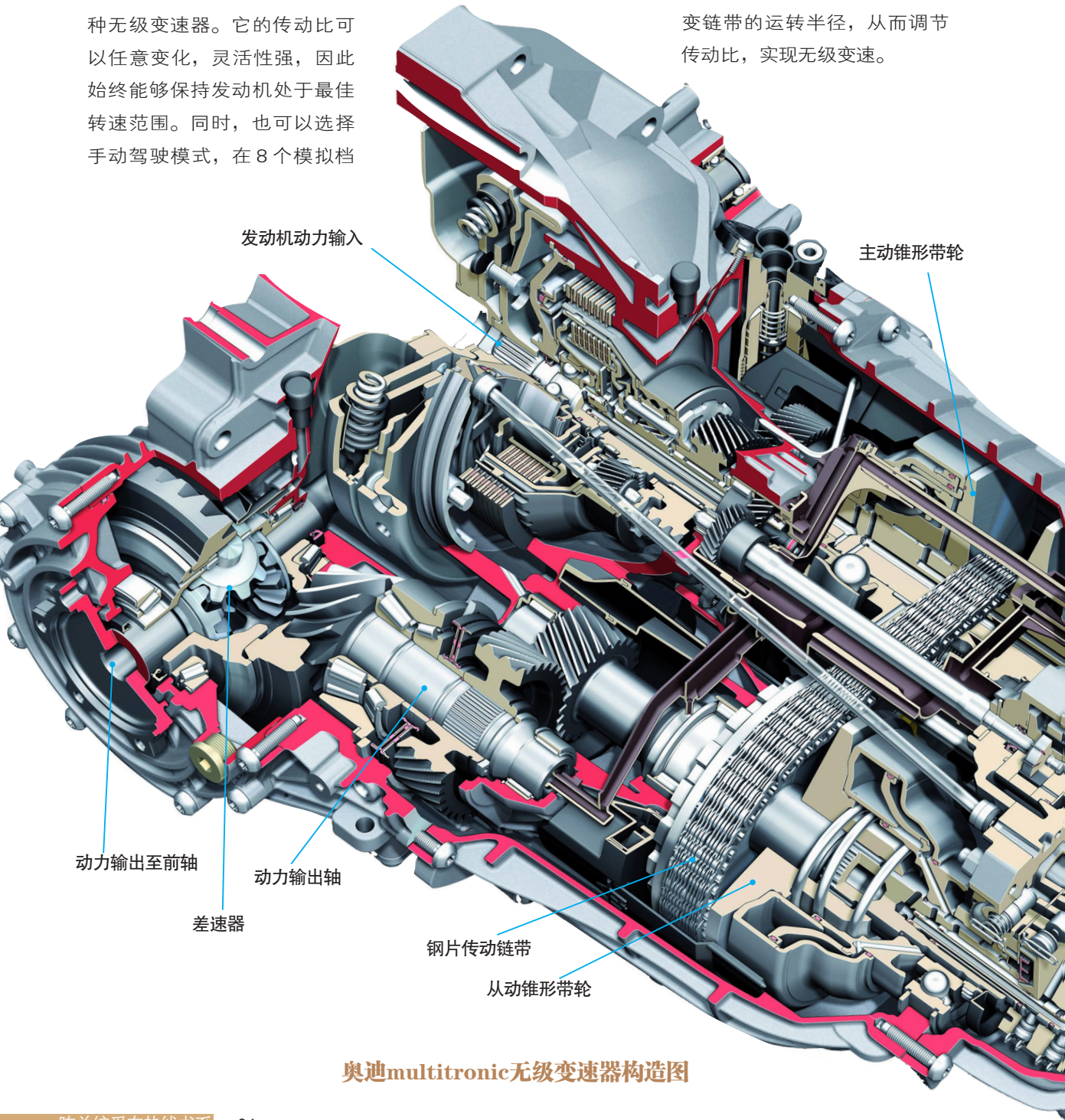


奥迪TTRS车型S tronic 7速双离合变速器

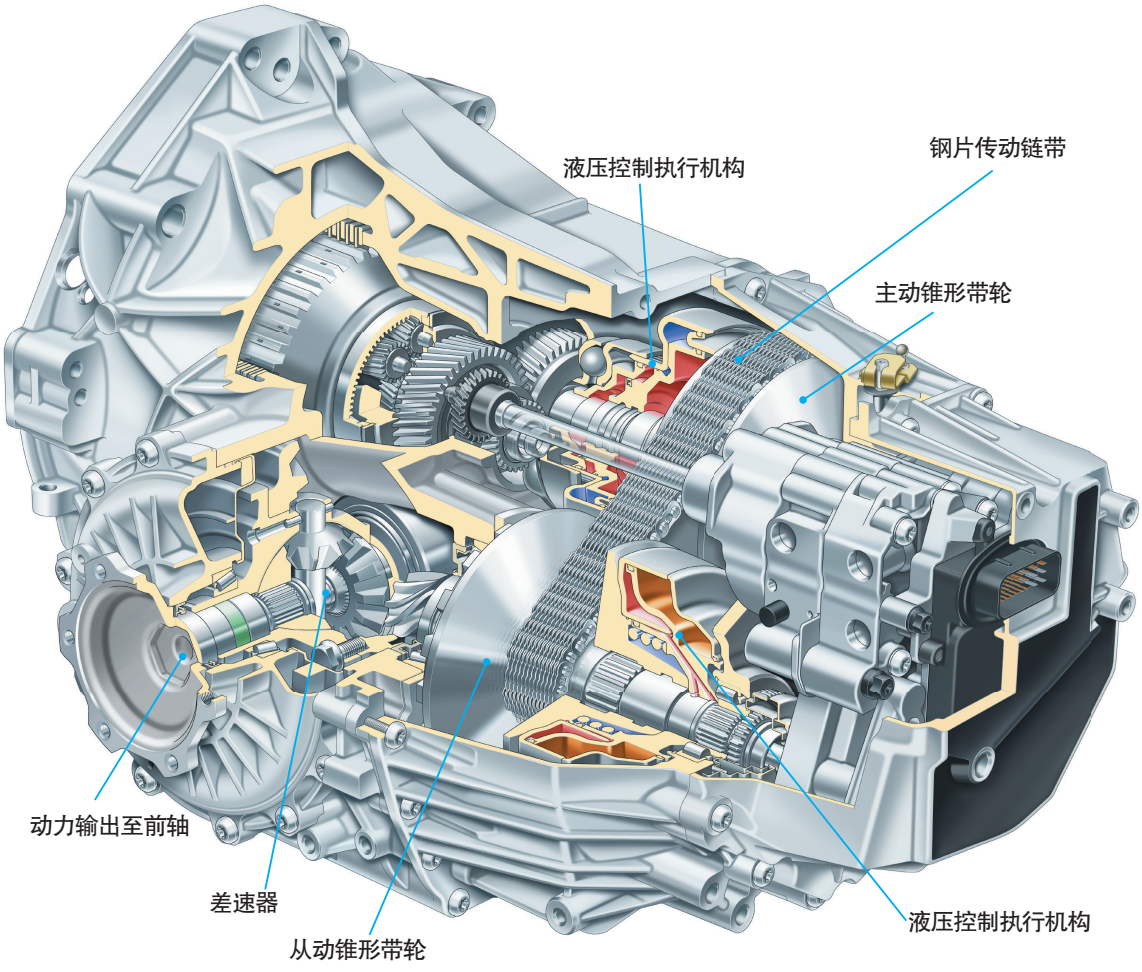
multitronic Transmission
无级变速器

安装于奥迪中型和顶级车型上的 multitronic 变速器是一种无级变速器。它的传动比可以任意变化，灵活性强，因此始终能够保持发动机处于最佳转速范围。同时，也可以选择手动驾驶模式，在 8 个模拟档位之间自由切换。

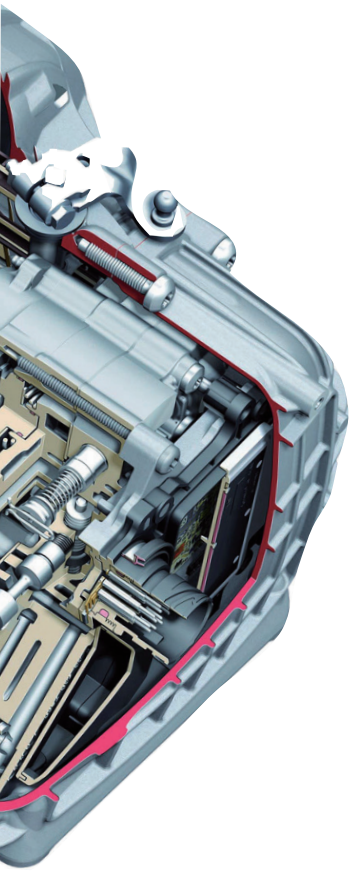
multitronic 变速器利用一条位于油槽中的钢片传动链带在两套可调节锥形带轮中运转，形成一套变速装置。钢片链带由 1000 多个钢片和 75 副链销构成，保证了发动机转矩输出的稳定传递。系统通过两个锥形带轮表面的接合或分离来改变链带的运转半径，从而调节传动比，实现无级变速。

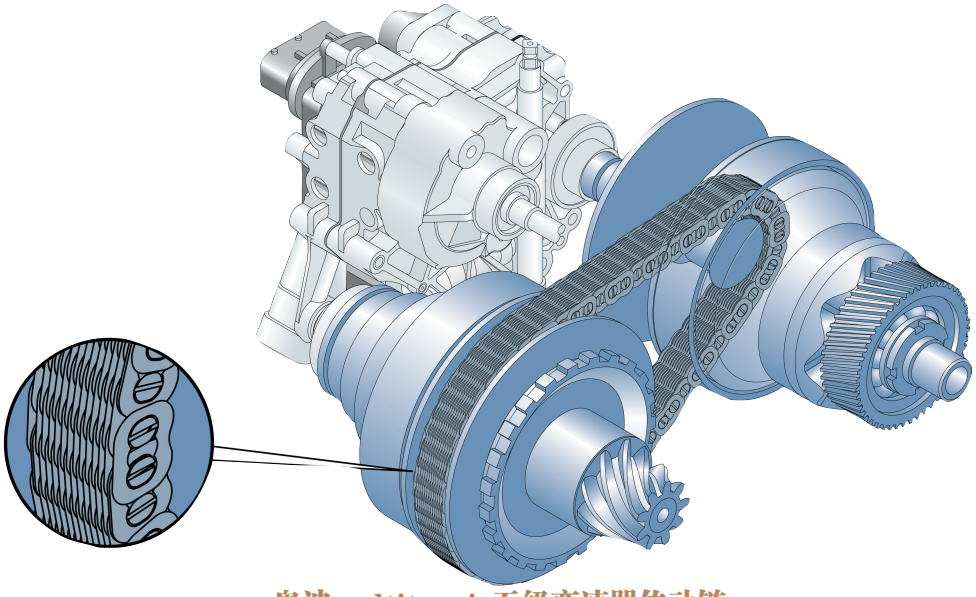


奥迪multitronic无级变速器构造图

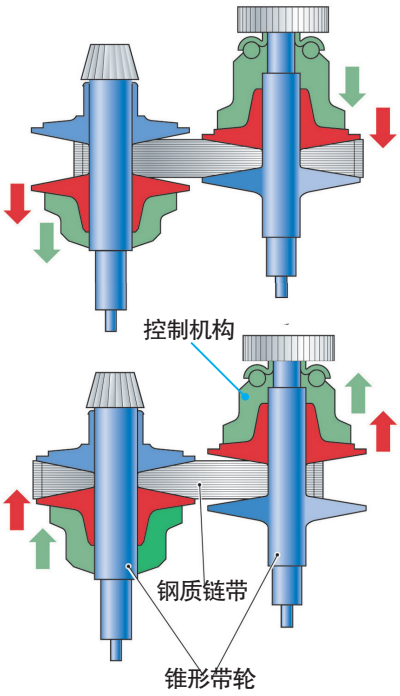


奥迪multitronic无级变速器





奥迪multitronic无级变速器传动链

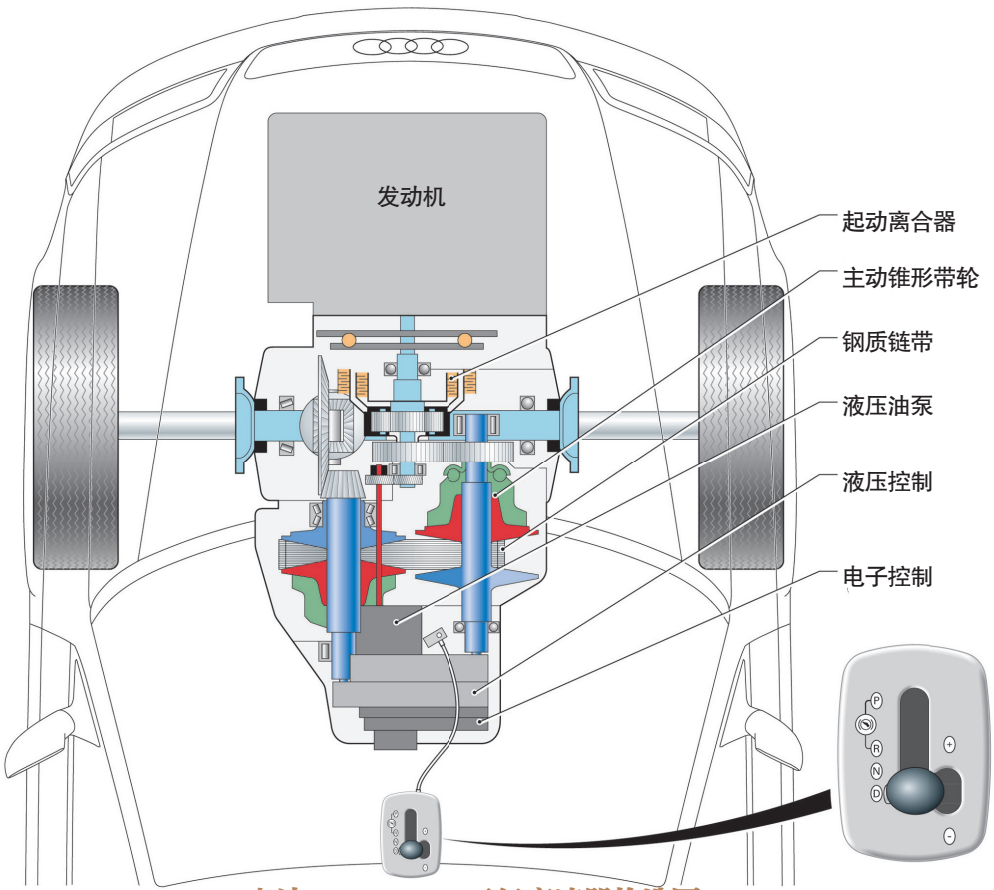


multitronic变速原理示意图

multitronic 是怎样实现无级变速的？

无级变速传动系统主要部件是两个锥形带轮和一条钢质链带，链带套在两个锥形带轮上。锥形带轮由两块轮盘组成，这两片轮盘中间的凹槽形成一个V形，其中一边轮盘由液压控制机构操纵，可以根据不同的发动机转速进行分开与拉近的动作，V形凹槽也随之变宽或变窄，将链带升高或降低，从而改变链带与带轮接触的直径，相当于齿轮变速中切换不同直径的齿轮。两个带轮呈反向调节，即其中一个带轮凹槽逐渐变宽时，另一个带轮凹槽就会逐渐变窄，这样就可以迅速加大传动比的变化。

当汽车慢速行驶时，可以令主动锥形带轮的凹槽宽度大于从动带轮凹槽，主动锥形带轮的链带圆周半径小于从动锥形带轮的链带圆周半径，即小圆带大圆，因此能传递较大的转矩；当汽车逐渐转为高速时，主动锥形带轮的一边轮盘向内靠拢，凹槽宽度变小，迫使链带升起，直至最高顶端，而从动锥形带轮的一边轮盘刚好相反，向外移动拉大凹槽宽度，迫使链带降下，即主动锥形带轮链带的圆周半径大于从动锥形带轮链带的圆周半径，变成大圆带小圆，因此能保证汽车高速行驶时的速度要求。

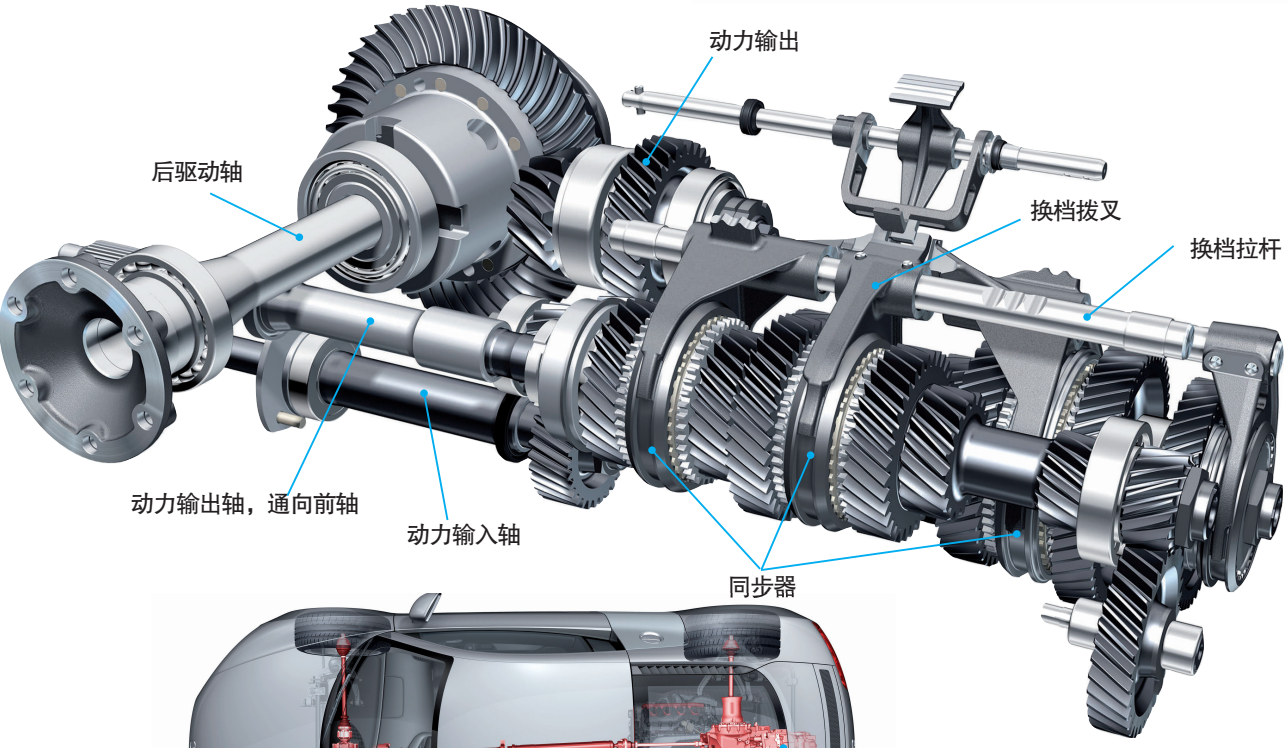


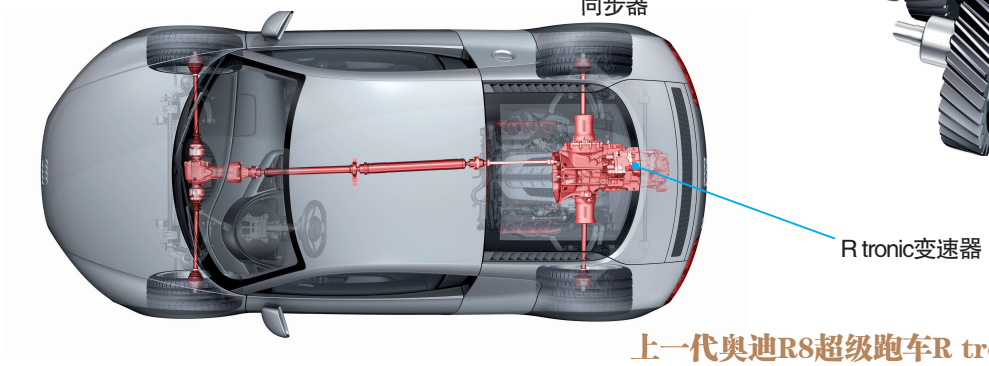
奥迪multitronic无级变速器构造图

R tronic Transmission

自动离合变速器

在上一代奥迪 R8 和 R8 Spyder 超级跑车中，奥迪使用了源于专业赛车的传动技术——R tronic 顺序式变速器。现在 F1 赛车上基本都在使用这种原理的变速器。奥迪的 R tronic 变速器实际上与我们常说的自动离合变速器（简称 AMT）的原理基本一样，只不过它的构造更加紧凑轻巧，换档速度更加突出。这种变速器的基本构造与手动变速器一样，只不过它的离合器和换档动作不需要人工操作，而是由电动和液压系统负责。驾驶人的指令通过电子方式传达给液压机构，由液压机构执行离合器和换档操作。最新一代 R8 上已改用双离合变速器（S Tronic）。





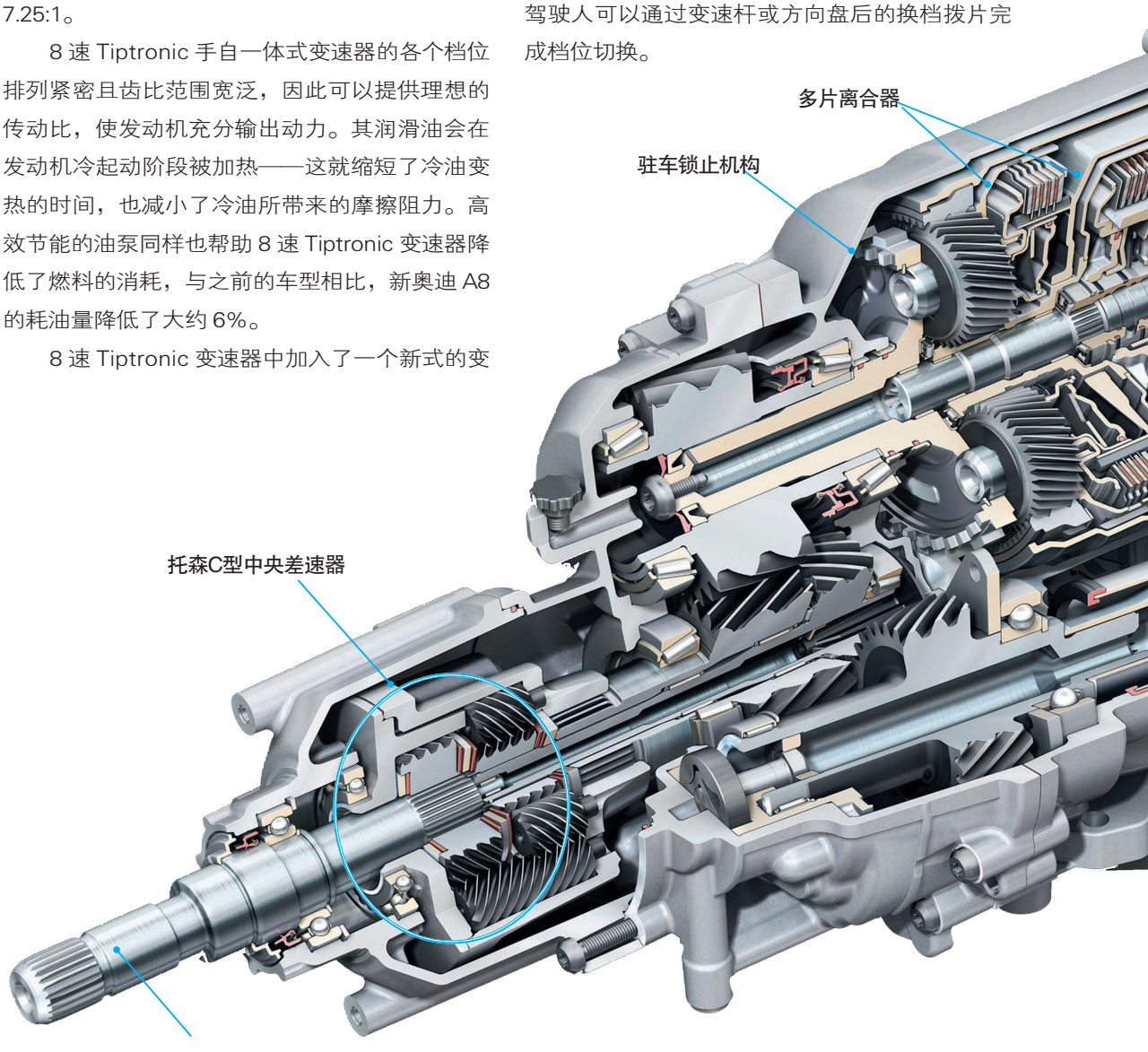
上一代奥迪R8超级跑车R tronic变速器

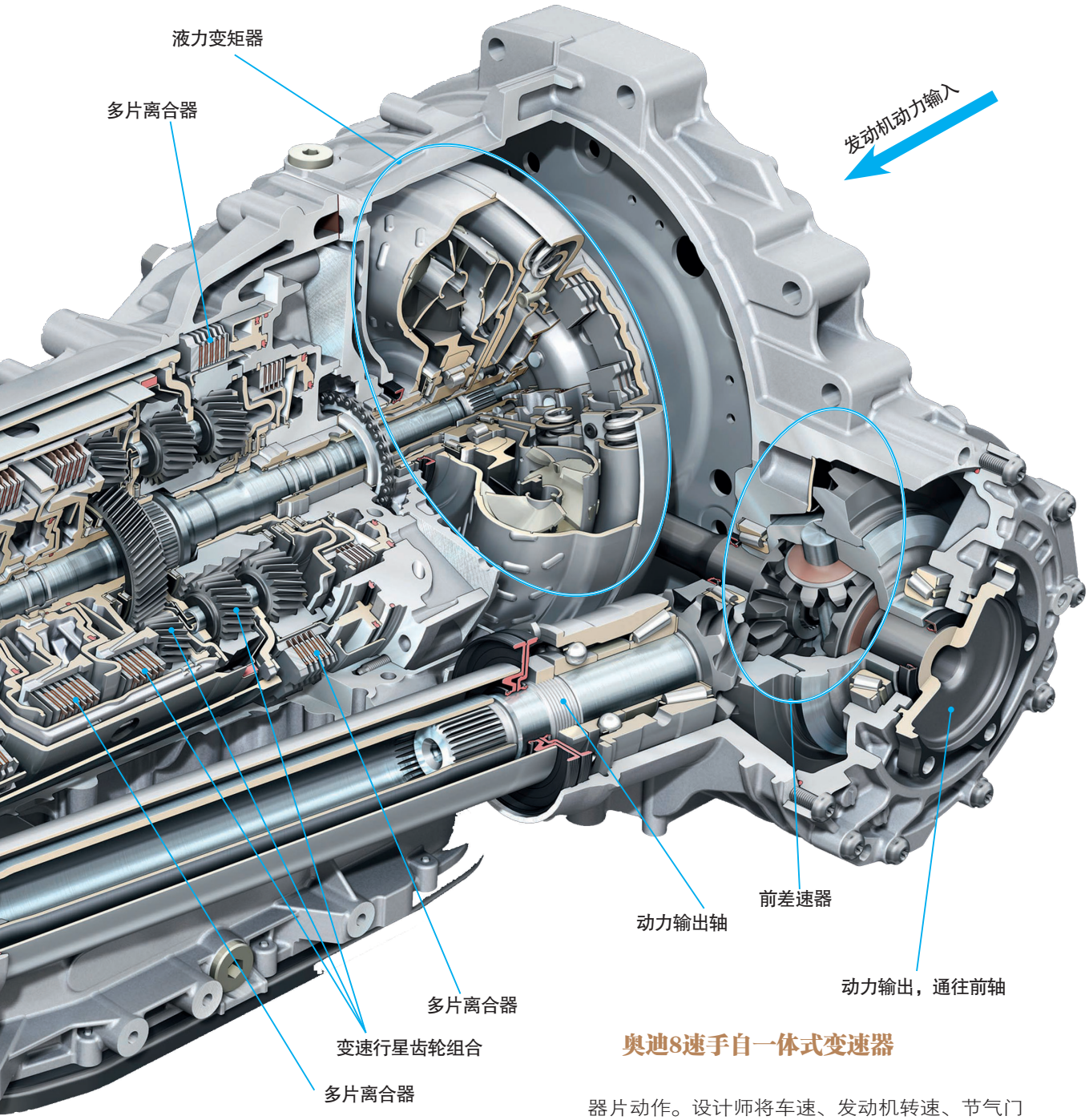
Tiptronic Transmission
8 速手自一体式变速器

Tiptronic 是一款传统的自动变速器——它的高舒适度和迅速的运行方式适用于较大车型。在大部分奥迪车型中，它有 6 个档位，而在最新一代奥迪 A8 和 A8L 中则有 8 个档位，而且最低档位传动比和最高档位传动比之间的比值达到 7.25:1。

8 速 Tiptronic 手自一体式变速器的各个档位排列紧密且齿比范围宽泛，因此可以提供理想的传动比，使发动机充分输出动力。其润滑油会在发动机冷起动阶段被加热——这就缩短了冷油变热的时间，也减小了冷油所带来的摩擦阻力。高效节能的油泵同样也帮助 8 速 Tiptronic 变速器降低了燃料的消耗，与之前的车型相比，新奥迪 A8 的耗油量降低了大约 6%。

8 速 Tiptronic 变速器中加入了一个新式的变矩器锁止离合器。它在正常的行驶状态下不起作用，工作时会将传动系统与发动机直接连接起来。在某些行驶状况下它会采用温和的接合方式——这使得车辆在较低转速下运行时保持出色的平顺性。8 速 Tiptronic 变速器采用纯电子操控方式，驾驶人可以通过变速杆或方向盘后的换档拨片完成档位切换。





奥迪8速手自一体式变速器

自动变速器换档原理

自动变速器中有许多离合器片，几乎每个档位都有一组离合器片，而这些离合器片受控制机构的驱动进行分离和接合，从而实现换档变速。

自动变速器中的控制机构基本都是液压式的，其中设计了许多阀门，当油压升高后会自动顶开一些阀门，然后这些油压就会驱动某些离合器片动作。设计师将车速、发动机转速、节气门开度等信息作为控制油压升高或降低的输入信号。当这些信号变化时，控制机构便会切换离合器片组合的工作状态，达到切换档位的目的。

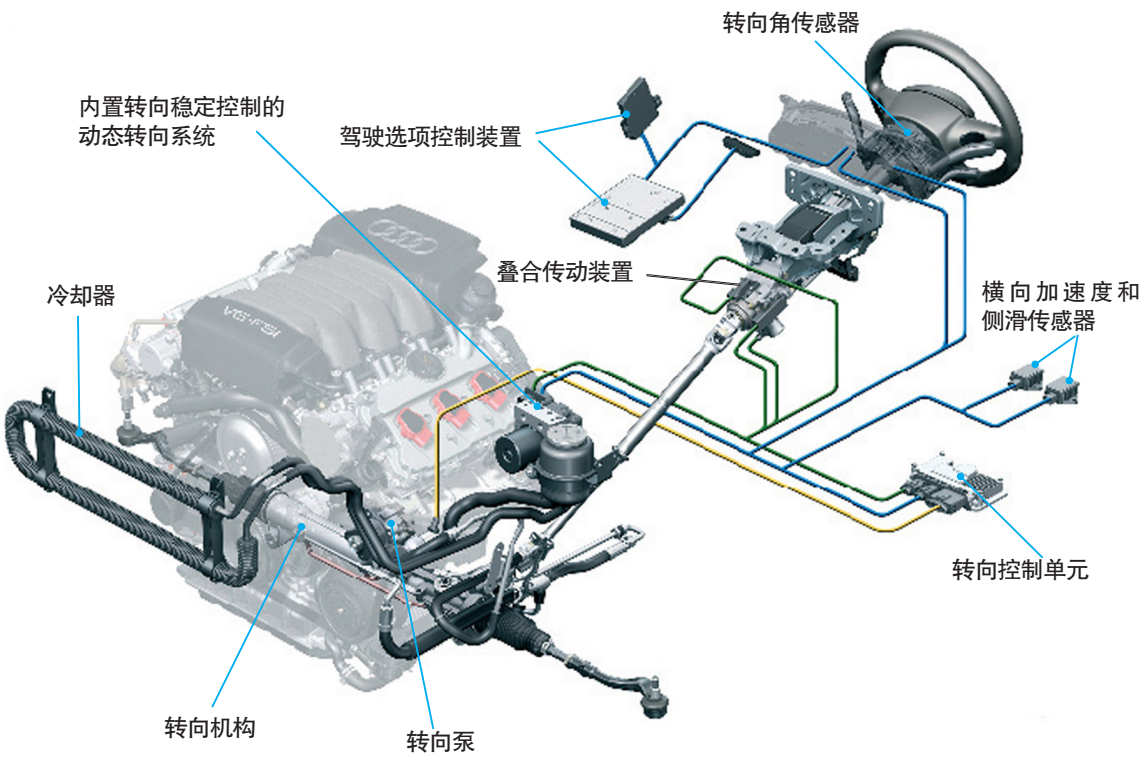
现在不少自动变速器采用电磁阀代替复杂的液压阀，利用车速、发动机转速、节气门开度等信息来直接控制多片离合器动作，从而实现自动变速。

Chapter 3 STEERING
第三章 转向系统

奥迪把它的所有转向技术都集合在一个名为“动态转向”的系统中，并且与 ESP 等配合，可以将车辆的行驶稳定性、操控性等提升到更高的层次。不可否认，动态转向是目前世界最顶尖的汽车转向技术之一。

Dynamic Steering
动态转向系统

对于一辆汽车来说，既要拥有较强的运动性和驾驶乐趣，还要保证拥有较高水准的行驶安全性，这往往是对汽车设计师的较大挑战。尤其是驾驶人一直把持的方向盘，其性能更是与运动性、安全性、舒适性等息息相关，各种性能调校很难拿捏。奥迪率先在奥迪 A4L 上采用的动态转向系统，则将“鱼”和“熊掌”很好地兼得，满足了多种性能要求。



奥迪动态转向系统原理示意图

动态转向系统有什么优势？

奥迪动态转向系统可根据车速改变转向比，因而避免了传统机械转向系统选定恒定转向比时需做出的妥协。汽车高速行驶时，间接的转向比使汽车操控更平稳，并保持更好的直线行驶能力。反之，当汽车以低速或中速行驶在蜿蜒路面上时，该系统将提供一个更直接的转向比，以提高转向精准度和灵活性。直接的转向比使泊车更加方便。Servotronic 随速助力转向系统可以大大节省转向力。

在主动安全领域，动态转向系统与 ESP（电子稳定系统）紧密协作，为车辆提供了更为安全的主动保护，在车辆接近运动极限时，同时对转向和制动的主动调节可以使车辆行驶更安全。

奥迪A4车型动态转向机构

为什么要调节汽车的转向比？

泊车时我们希望减小所需的转向角度，使操控更加便利，最好以最少的双手换位次数就能把方向盘从一侧转到另一侧。也就是说，在泊车时转向比必须极为直接才更符合驾驶人的需求。

行驶在城镇或乡间道路上、转弯或在山路上行驶时，我们希望尽可能避免双手换位。这意味着在中低速范围时需要极为直接的转向比。

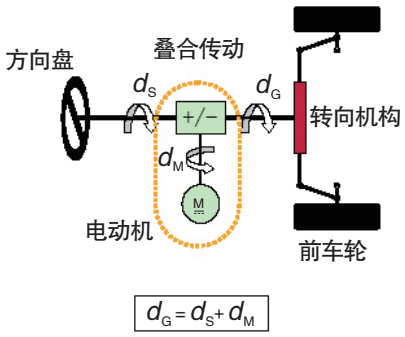
但是，有利于泊车的极为直接的转向比在汽车高速行驶时会使汽车的反应过于灵敏。对于中高速和弯道较少的路况，所选择的转向比必须使驾驶人能够精准而平稳地驾驶汽车。这就需要一个比低速时明显低的转向比。

也就是说，在低速时我们希望转向直接，而在高速时，则希望转向间接。汽车的转向比最好能根据行驶状况自动调节，才能最符合人性化和安全性的需求。

动态转向系统是怎样调节转向比的？

整合于转向柱中的传动装置由一个配有位置感应器的电子交流电动机、叠式齿轮和一个互锁设备构成。该互锁设备可以在无电源时防止电动机转动，从而在方向盘和转向系统之间重新建立直接联系。

动态转向系统的核心机构之一是采用一个谐波齿轮机构来实现角度叠合传动作用。谐波齿轮主要由三个部件组成：一是最里面的波发生器（Wave Generator，简称 WG），也就是最里面带轴承的内转子，是椭圆形的；二是椭圆形内转子上可以产生变形的薄壁柔轮（Flex Spline, 简称 FS）；三是最外侧的刚轮（Circular Spline，简称 CS），它连接于转向轴的输出端，驱动转向机构。

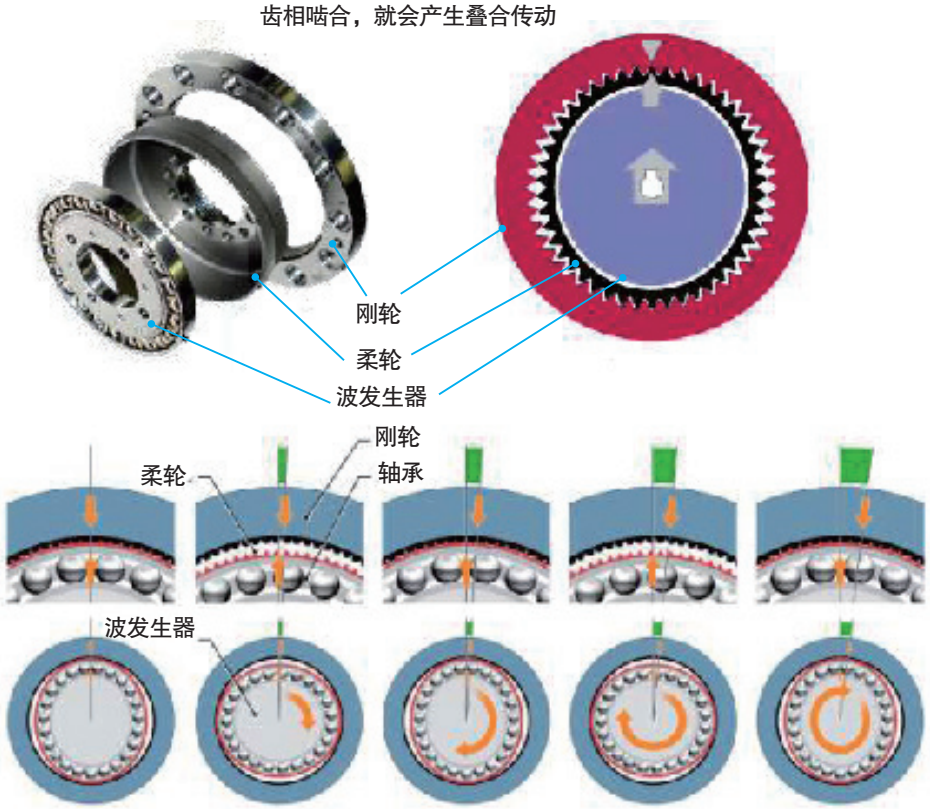


$d_G = d_S + d_M$

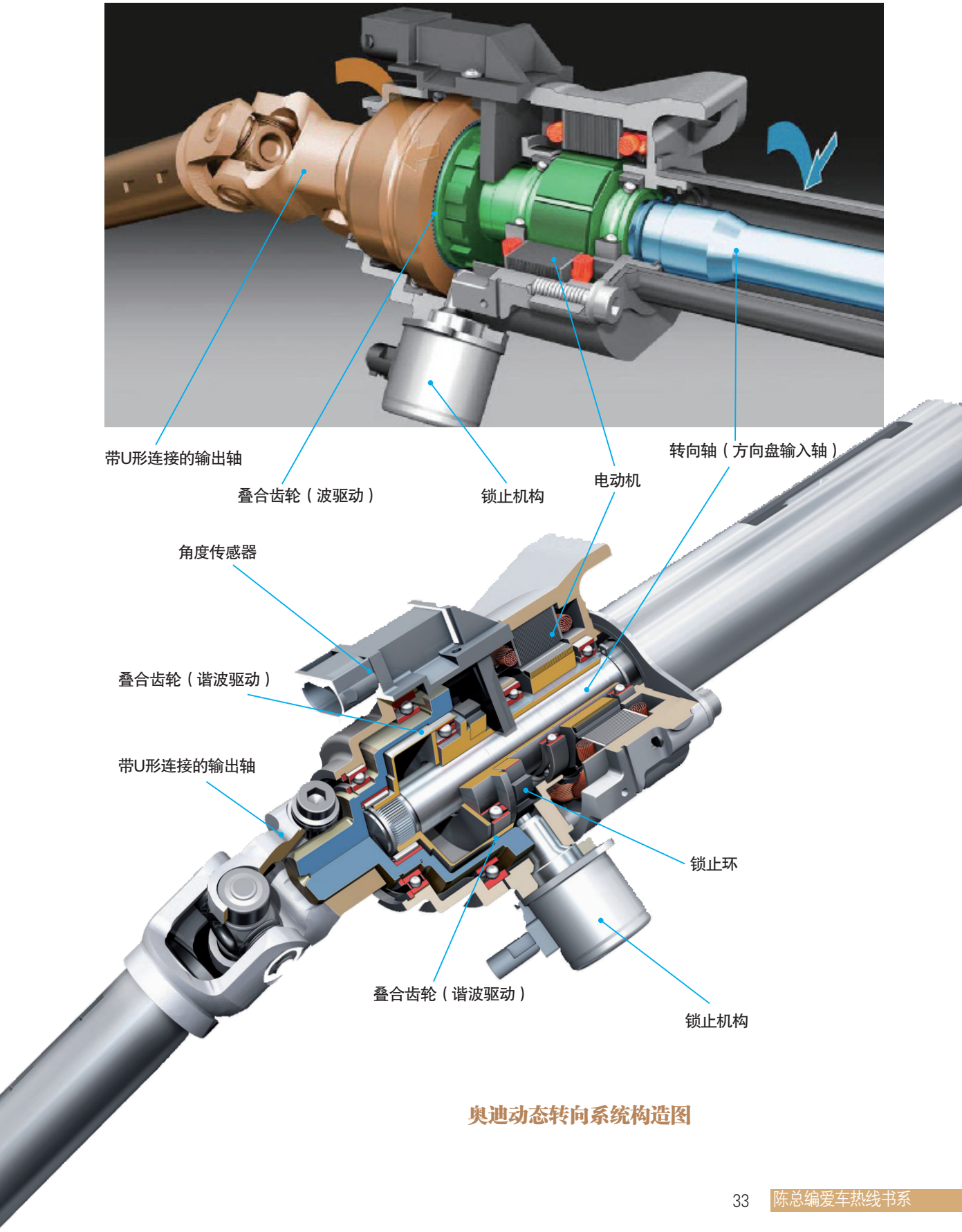
通过叠合齿轮，可以实现电动机转向角度与方向盘转向角度的叠合

动态转向系统转向角度叠合原理示意图

叠合齿轮机构的工作原理：
当波发生器旋转时，导致柔轮变形，产生一个移动的变形波，柔轮与刚轮内侧齿相啮合，就会产生叠合传动



叠合齿轮构造和原理示意图



奥迪动态转向系统构造图

Dynamic Steering&ESP
动态转向与 ESP

在配备了动态转向系统的汽车上，ESP（电子稳定系统）在紧急情况下不仅通过某一个或某几个车轮的制动来稳定汽车，更重要的是还将调整前轮的转向比。这有两个优点：

一是同时激活制动和转向系统，可以提高汽车的整体稳定性。也就是说，主动安全性能将得到明显提高，在高速行驶时（大于 100 千米 / 时）尤为明显，因为动态转向系统反应迅速的优势可以充分体现。转向系统可以立即发挥作用，没有制动系统产生液压所需的延迟。

二是在非紧急情况下，调节性的制动干预可以部分或全部舍弃，从而使汽车的稳定过程更和谐舒适，不会因此而减速。降低对制动干预的需求意味着全新奥迪 A4L 在抓地力较低的路面，如雪地上，也能保持同样的直线行驶方向，但明显比仅采用制动干预进行稳定的汽车更为敏捷。

ESP 在汽车处于转向过度、转向不足以及在抓地力水平不同的地面（非均质路面）上制动时，会与动态转向系统协作并提供主动转向调节。

动态转向+ESP的优势：

只有ESP的车辆：

仅通过制动干预来稳定车身。

配备了动态转向的ESP车辆：

通过转向和制动共同干预来稳定车身。

动态转向+ESP稳定车身的原理：

非紧急驾驶情况：

制动干预少；车辆更敏捷。

紧急驾驶情况：

通过转向和制动联合稳定车身；

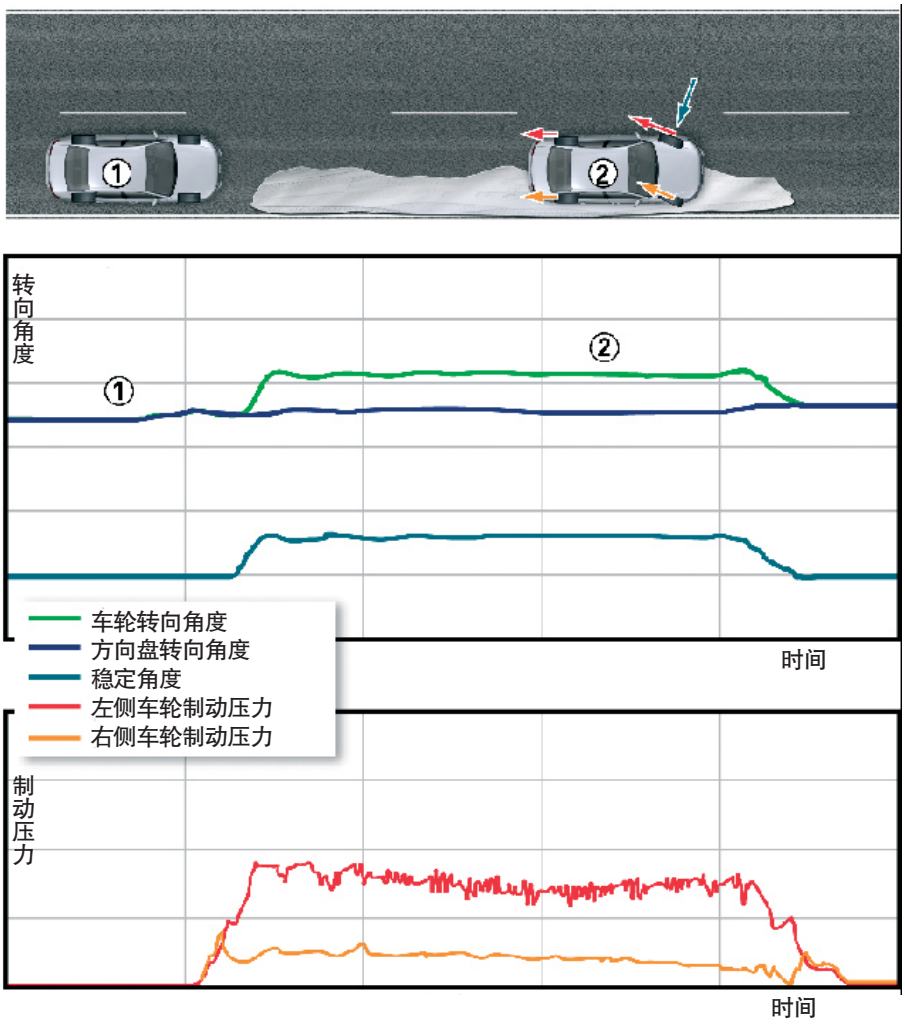
尤其是在车速较高（超过130千米/时）时提高车身稳定性。

在抓地力不同的地面上动态转向系统是怎样工作的？

非均质路面是指在汽车一侧抓地力高（如柏油马路）而另一侧抓地力低（如冰面）的情况，例如冰面部分融化或干燥的路面部分覆盖了潮湿的树叶就会出现这种情况。如果在这样的路面上制动，摩擦力大的一侧制动力也大，汽车就会向该侧转动。要想回到直线车道，没有动态转向系统的汽车就必须靠驾驶人转动方向盘来抵消这一影响，而这种意料之外的情况对于普通驾驶人来说很难掌握。

在配备了动态转向系统的全新奥迪 A4L 上，ESP 一般自动选择所需的转向角，由于主动转向介入可以抵消由于制动力不同导致的侧滑力，驾驶人不需调整方向盘。在没有超过物理极限的情况下，汽车会如同在两侧摩擦力相同的路面上一样行驶。在遇到这种紧急情况时，动态转向功能可以保持汽车在既定轨道上行驶，大大减轻了驾驶人的负担，使其得以完全将精力集中在交通状况上。

另外，由于 ESP 一般可以比驾驶人更快更准地选择所需的转向角，在上述行驶环境下，动态转向系统可以缩短汽车的安全制动距离。下图显示了在非均质路面上，车辆配备和未配备动态转向系统的表现。

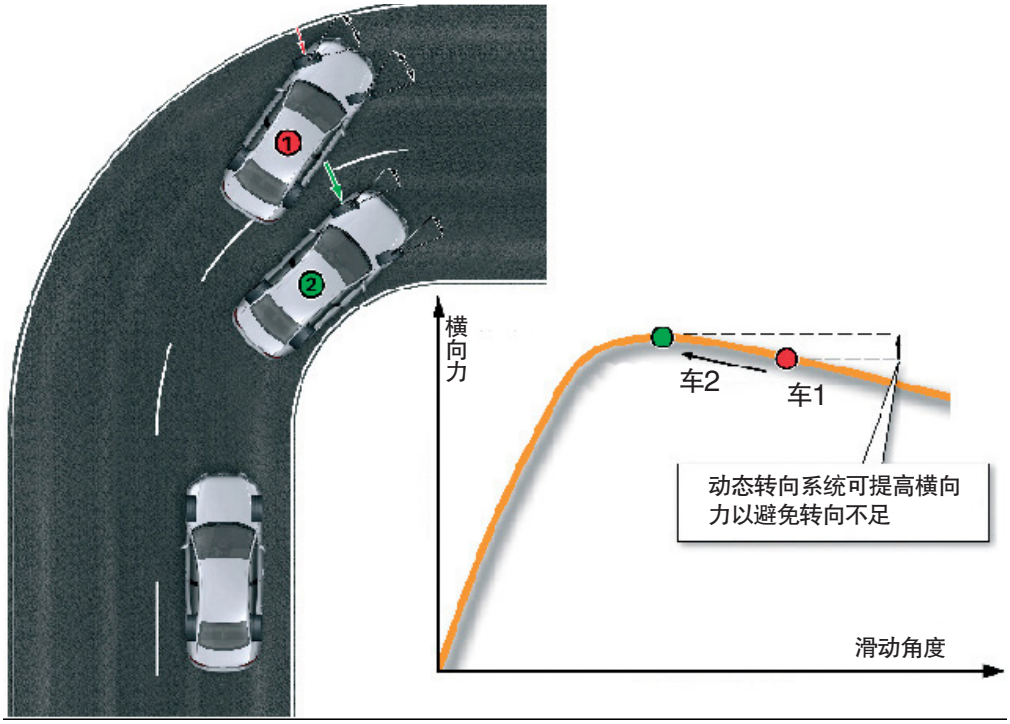


在抓地力不同的地面上动态转向系统的表现

转向不足时动态转向系统是如何工作的？

若出现转向不足，ESP 会将动态转向比重新设置为一个间接值，使驾驶人不会很快将方向盘打到极限，从而提高了汽车的灵活性。该功能是奥迪的一项最新开发成果，首次运用在配备了动态转向系统的 A4L 车型中。

下图显示了动态转向功能的操作原理。在没有动态转向功能的汽车上，若转向角度太大，就会超过前轴的最大转向极限，因而即使前轮已经转动，汽车还是会偏离轨道。在配备了动态转向功能的汽车上，系统会监测转向不足情况，并改变转向比以防止驾驶人过度转动方向盘。转向干预的程度不会被驾驶人察觉。由于不会伴随出现如噪声和延迟等现象，采用转向干预比其他如减小发动机转矩或制动干预等方式更不易被察觉，且稳定效果依然显著。若已进行转向干预，ESP 对发动机的干预和制动干预程度就会降低，或完全没有必要再进行干预。



在转向不足时动态转向系统的表现

动态转向系统带来的好处

低速驾驶时所需转向力（转向角）降低，高速转向时不会出现甩尾。

精准转向感觉，非均质路面上有更佳表现。

在紧急情况下不再仅仅通过发动机和制动稳定车身，而是先通过更迅速的转向系统调节。

由于减少了制动系统的使用，提高了汽车灵活性的同时增强了驾驶稳定性。

高速范围内实现对汽车的高度控制和有效稳定。

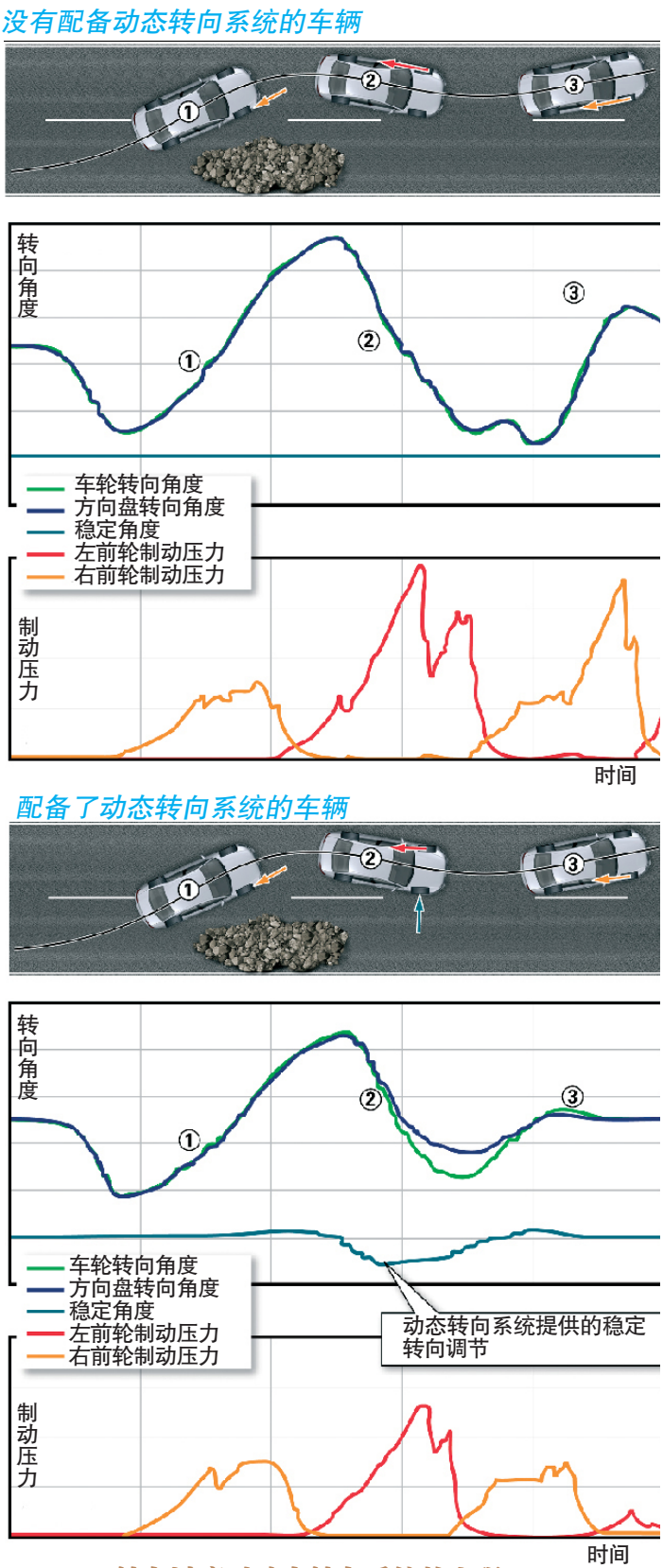
在抓地力不同的地面制动时提供支持。

过度转向时动态转向系统是如何工作的？

若汽车转向过度，ESP 将适当反打方向盘以防止车尾偏离预定行驶轨迹。全新奥迪 A4L 中采用的经过进一步开发的 ESP 控制单元完全整合了主动制动和主动转向介入。汽车转向过度时，第一步要计算稳定汽车所需的横摆力矩。第二步，一种复杂的权衡方法根据所监测的不稳定程度把所需的稳定力矩分配给制动和转向装置。若仅有轻微不稳定，优先选择转向系统，随着偏离角度增加，也会更多使用制动装置。

一种可能出现过度转向的情况是快速避让操作（如右上图）。当驾驶人转动方向盘将汽车驶离原先车道时，作用在车身上的反向动力很容易使其尾部失去抓地力而偏离，高速行驶时尤为明显。普通驾驶人往往对转向过度调节过晚，或根本不调节。因此，必须由 ESP 来进行有力的制动。

若安装了动态转向系统，则该系统会在驾驶人毫不觉察的情况下自动反打方向盘以稳定车身，从而大大降低了转向力。在很多情况下，由于动态转向系统的补偿作用，驾驶人根本不需要大幅度反打方向盘，而只需根据类似汽车平稳时所需的转向幅度进行控制。由于仅需在减少汽车侧滑时发挥作用，ESP 的制动干预大大减少。由于提高了突然变道的稳定性，驾驶人可以用比以往更高的速度继续享受旅程。

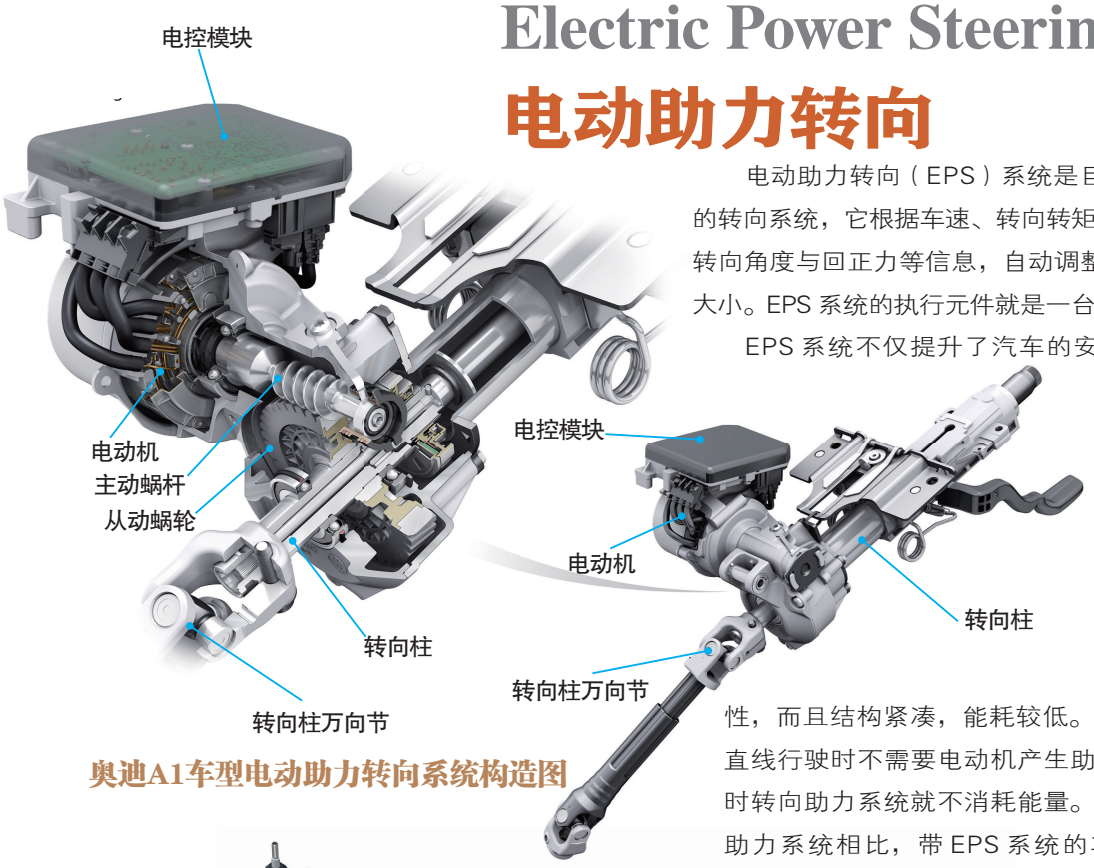


转向过度时动态转向系统的表现

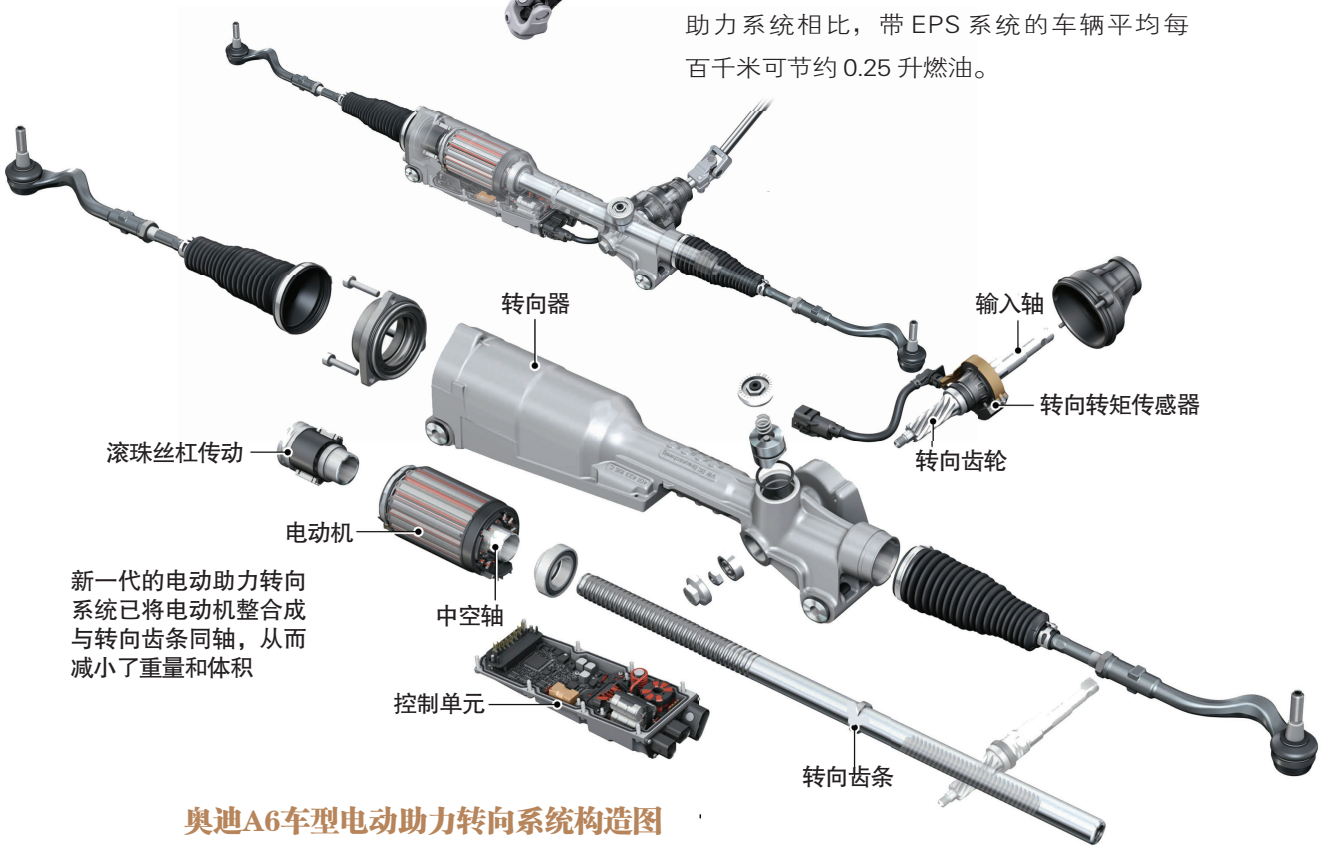
Electric Power Steering
电动助力转向

电动助力转向（EPS）系统是目前最为先进的转向系统，它根据车速、转向转矩、转向速度、转向角度与回正力等信息，自动调整转向助力的大小。EPS 系统的执行元件就是一台伺服电动机。

EPS 系统不仅提升了汽车的安全性和舒适性，而且结构紧凑，能耗较低。因为在汽车直线行驶时不需要电动机产生助力，所以这时转向助力系统就不消耗能量。与液压转向助力系统相比，带 EPS 系统的车辆平均每百千米可节约 0.25 升燃油。



奥迪A1车型电动助力转向系统构造图



奥迪A6车型电动助力转向系统构造图

Chapter 4　quattro

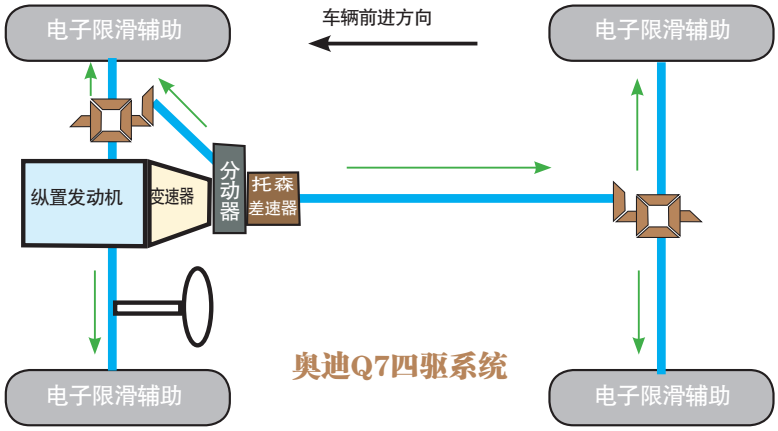
第四章　四轮驱动

虽然奥迪的四驱系统都称为 quattro，但各种奥迪四驱车型的四驱系统并不完全相同。根据其构造和原理的不同，大致可分为三种形式。

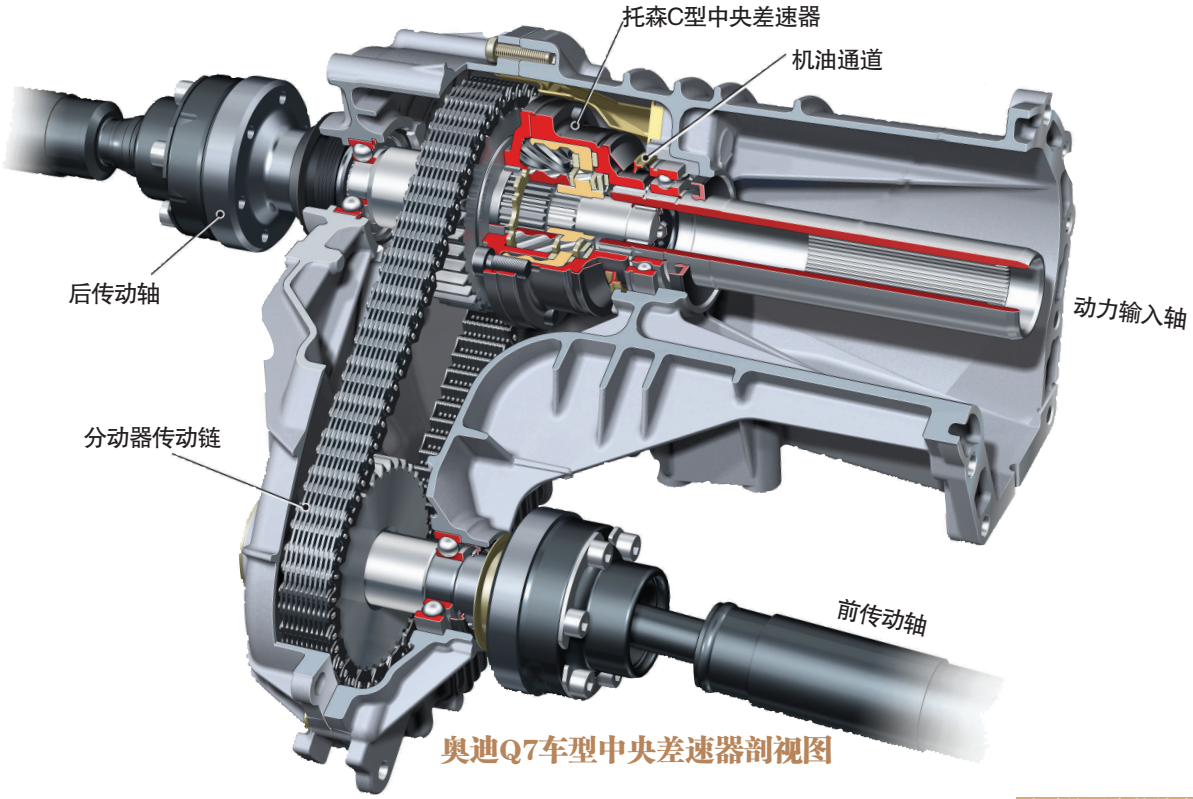
奥迪 quattro 之一：

分动器 + 托森 C 型差速器 + 电子限滑辅助

在奥迪纵置发动机四驱车型上，都是采用托森 C 型转矩感应自锁式中央差速器，并配备链传动式分动器。四个车轮上都配有电子限滑辅助。这种四驱形式与大众途锐车型上的四驱系统近似。这也是奥迪四驱系统中越野能力最强者。应用车型：奥迪 Q7、Q5。



奥迪Q7四驱系统



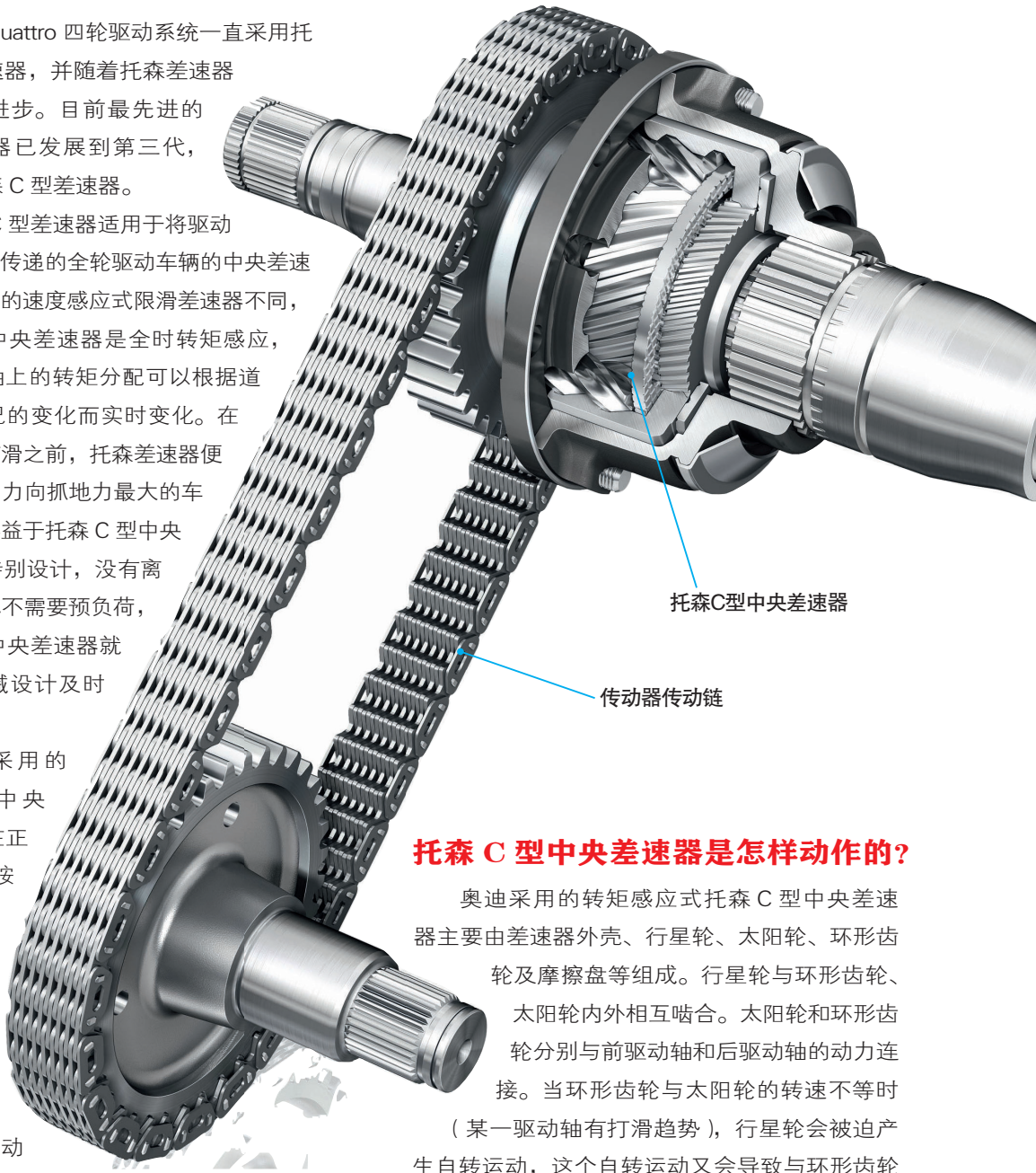
奥迪Q7车型中央差速器剖视图

Torsen Differential Type C
托森 C 型中央差速器

奥迪 quattro 四轮驱动系统一直采用托森中央差速器，并随着托森差速器的进步而进步。目前最先进的托森差速器已发展到第三代，也就是托森 C 型差速器。

托森 C 型差速器适用于将驱动力从前往后传递的全轮驱动车辆的中央差速器。与普通的速度感应式限滑差速器不同，托森 C 型中央差速器是全时转矩感应，前轴和后轴上的转矩分配可以根据道路行驶情况的变化而实时变化。在任何车轮打滑之前，托森差速器便自动地将动力向抓地力最大的车轮转移。得益于托森 C 型中央差速器的特别设计，没有离合装置，也不需要预负荷，托森 C 型中央差速器就能依靠机械设计及时做出反应。

奥迪采用的托森 C 型中央差速器，在正常情况下按前后 40:60 分配驱动力。根据行驶情况需要，它最多可把 60% 的驱动力输出到前轴，或把 80% 的驱动力输出到后轴。



托森 C 型中央差速器是怎样动作的？

奥迪采用的转矩感应式托森 C 型中央差速器主要由差速器外壳、行星轮、太阳轮、环形齿轮及摩擦盘等组成。行星轮与环形齿轮、太阳轮内外相互啮合。太阳轮和环形齿轮分别与前驱动轴和后驱动轴的动力连接。当环形齿轮与太阳轮的转速不等时（某一驱动轴有打滑趋势），行星轮会被迫产生自转运动，这个自转运动又会导致与环形齿轮或太阳轮的轴向相对运动。轴向运动的压力对安装在装置内的摩擦盘施加压力，产生内摩擦力，因此限制了相对运动，也就限制了打滑驱动轴的运动，从而增加不打滑驱动轴的转矩。

奥迪Q7车型底盘构造图

托森差速器的优势和弱势是什么？

托森差速器的最大特点是采用纯机械式结构，因此它的反应比一般的电控差速器要快些。如轮胎遇到冰面等摩擦力缺失的路面时，系统会快速做出反应，大部分的转矩会转向转速慢的车轮，也就是还有抓地力的车轮。

托森差速器的锁止介入没有时间上的延迟，也不会消耗总转矩数值的大小，它没有传统锁止差速器所配备的多片式离合器，因此磨损非常小，可以实现免维护。

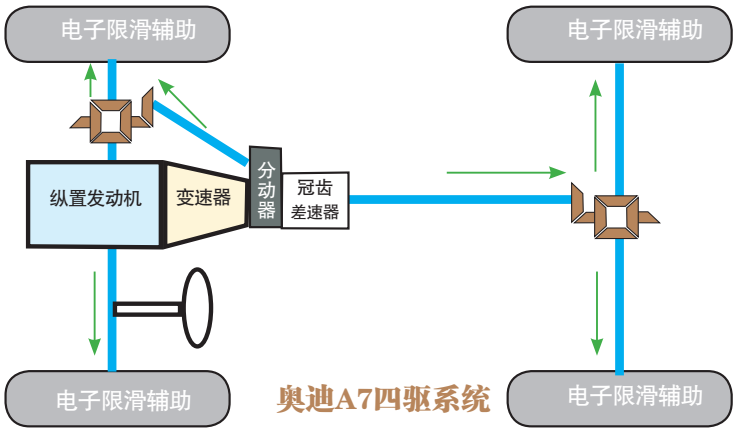
除了本身性能上的优势，托森差速器还具备其他方面的优势，比如可以与很多常用变速器、分动器实现匹配，与车辆上的ABS、TCS、ESP等电子设备共容，相辅相成地为整车安全和操控服务。

但是托森差速器还有两个难以解决的问题：一是造价高，所以一般托森差速器都用在高档车上；二是重量太大，装上它后对车辆的加速性是一份拖累。

奥迪 quattro 之二：
分动器 + 冠齿差速器 + 电子限滑辅助

在奥迪 RS5、A7 和 A5 上，则采用分动器 + 冠齿中央差速器 + 电子限滑辅助的四驱形式，其中分动器为齿轮传动。这也是第 7 代 quattro 四驱系统。

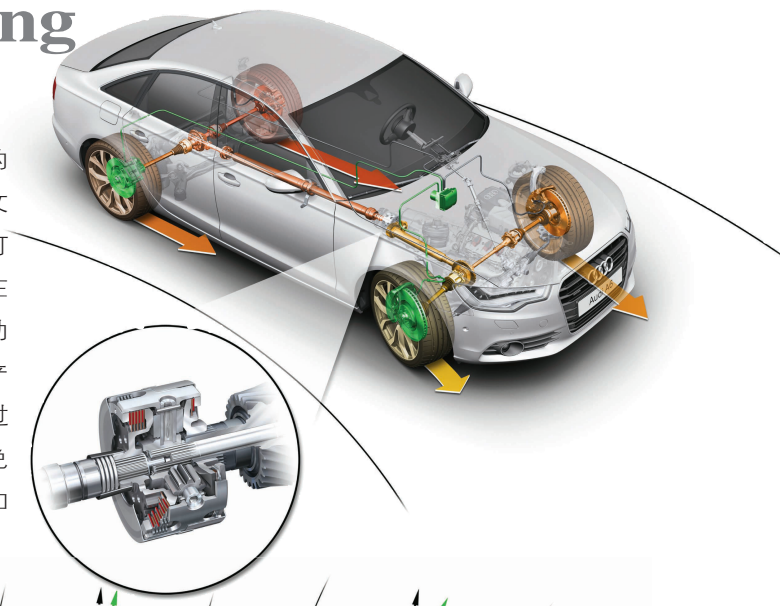
奥迪冠齿差速器视频

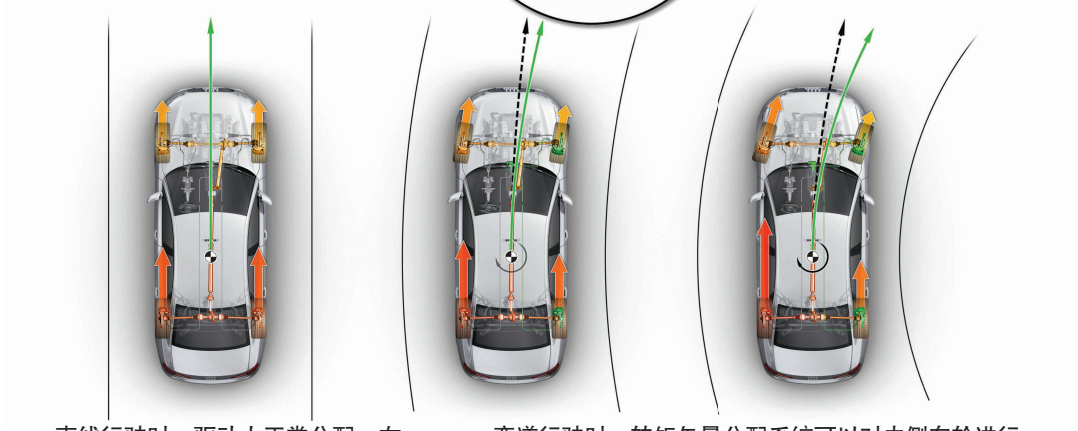


奥迪A7四驱系统

Torque Vectoring
转矩矢量分配

与奥迪新型冠齿中央差速器一起工作的还有一种被称为转矩矢量分配的系统，英文名是 Torque Vectoring。这是一种在过弯时可以自动分配左右侧车轮驱动力的控制系统。在转弯时，转矩矢量分配系统会将很小的制动力施加在内侧车轮上，这样外侧的车轮会产生更大的驱动力来提升过弯能力。而快速过弯时，则会增大内侧车轮的制动力，以避免产生转向不足的情况，让车辆的过弯极限和操控性得到提升。





直线行驶时，驱动力正常分配，左轮和右轮的驱动力相等

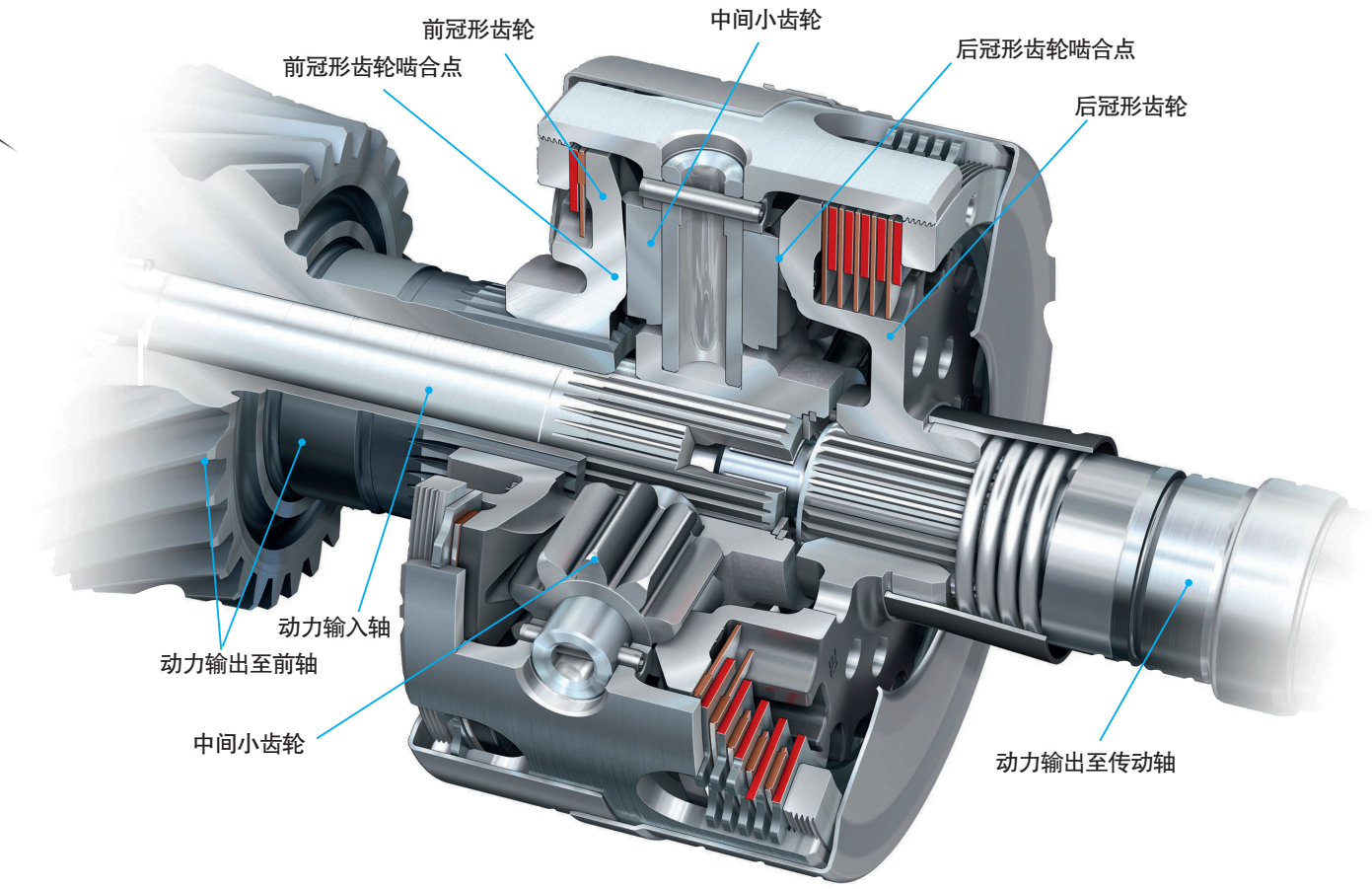
弯道行驶时，转矩矢量分配系统可以对内侧车轮进行轻微制动，从而可增加弯道外侧车轮的驱动力

Crown-gear Centre Differential
冠齿中央差速器

当我们还没完全弄明白托森 C 型差速器是怎么回事的时候，奥迪又推出最新一代的中央差速器，并已装备在 RS5、A7 和新 A6 轿车上。它比奥迪现在使用的托森 C 型中央差速器的性能更好，重量更轻。正如其名称所示，冠齿差速器中有两个冠形齿轮并相扣在一起。它们的外侧分别通过平行轴与前传动轴和后传动轴相连，分别负责向前轮和后轮传递驱动力。它们的内侧则与组成十字形的四个中间小齿轮啮合。

但是，请注意，由于两个冠形齿轮与中间小齿轮的啮合点高低不同，“后冠形齿轮”的啮合点高，“前冠形齿轮”的啮合点低，而且高低之比为 60:40。根据杠杆原理，“力臂”更长的“后冠形齿轮”得到的力矩就较大，并且与“前冠形齿轮”所得的力矩之比为 60:40。因此，在正常条件下，虽然两个冠形齿轮以同样转速旋转（四个中间小齿轮自身并不旋转），但向后轴和前轴传递的动力却不同，而且后轴与前轴的驱动力比为 60:40。

当某个车轴出现滑动时，两个冠形齿轮的转速就会不同，导致四个中间小齿轮产生自转，进而导致两端的离合器片（图中红色）相互挤压，从而产生自锁反应，最终改变传向后轴和前轴的驱动力分配比例，并且使后轴和前轴的驱动力比例可以在 30:70 到 85:15 之间连续变化。

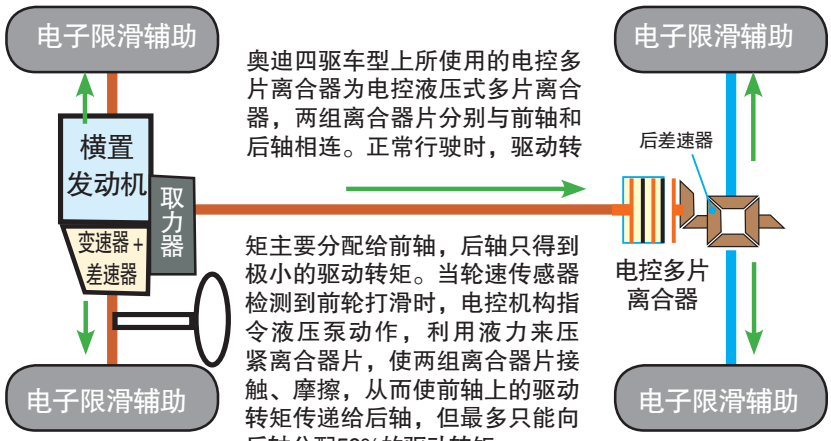


奥迪冠齿中央差速器构造图

奥迪 quattro 之三：
电控多片离合器 + 电子限滑辅助

在横置发动机的奥迪车型上，采用电控多片离合器作为四驱系统的核心装置，没有分动器和中央差速器，这与大众途观上的四驱系统近似。应用车型：奥迪 Q3、TT、A3、S3、S1 等。

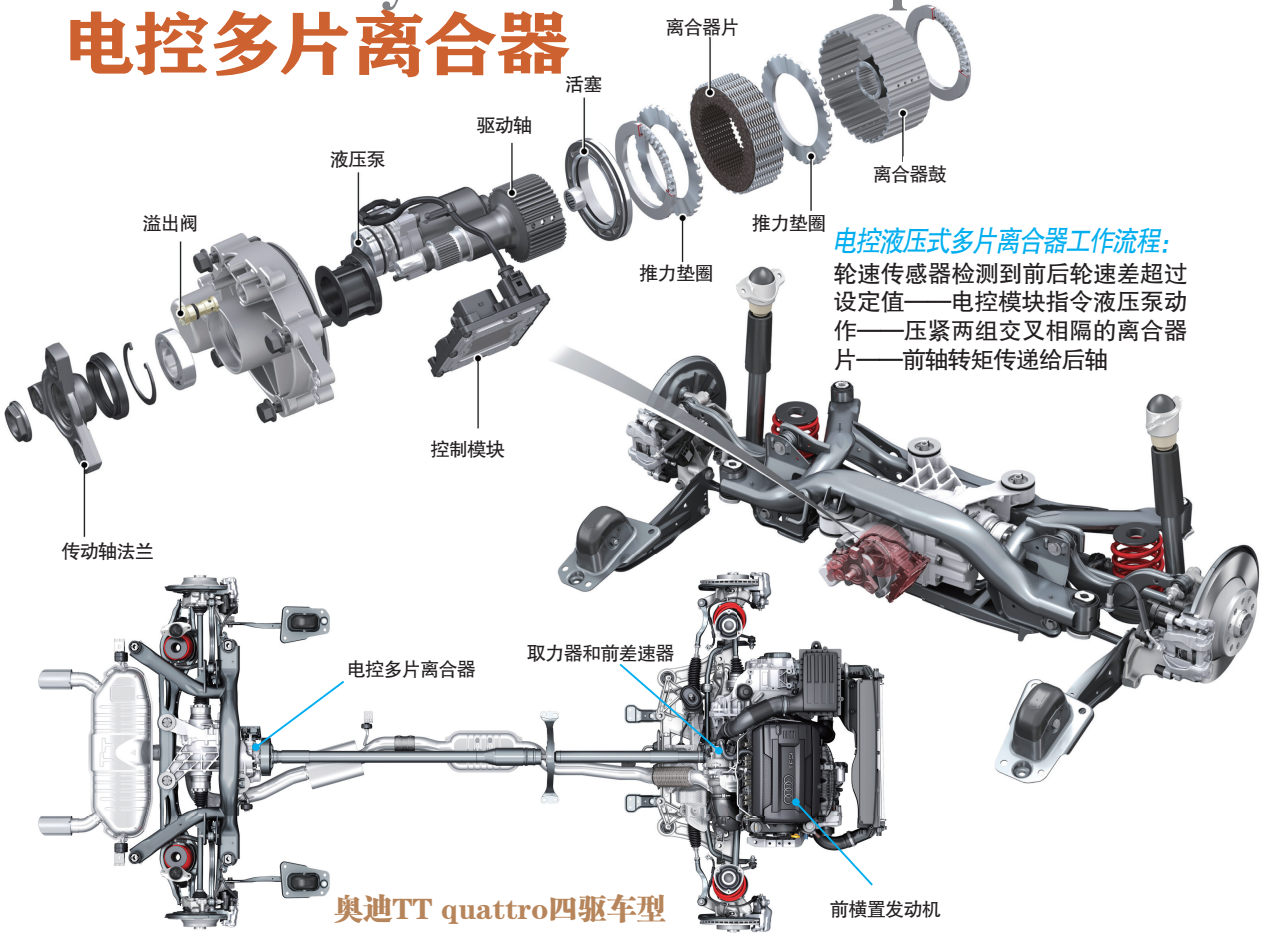
奥迪 TT 四驱系统视频



奥迪四驱车型上所使用的电控多片离合器为电控液压式多片离合器，两组离合器片分别与前轴和后轴相连。正常行驶时，驱动转矩主要分配给前轴，后轴只得到极小的驱动转矩。当轮速传感器检测到前轮打滑时，电控机构指令液压泵动作，利用液力来压紧离合器片，使两组离合器片接触、摩擦，从而使前轴上的驱动转矩传递给后轴，但最多只能向后轴分配50%的驱动转矩

奥迪TT quattro四驱系统

Electronically Controlled Multi-plate Clutch
电控多片离合器



电控液压式多片离合器工作流程：

轮速传感器检测到前后轮速差超过设定值——电控模块指令液压泵动作——压紧两组交叉相隔的离合器片——前轴转矩传递给后轴

奥迪TT quattro四驱车型

quattro with Sport Differential
quattro 运动型后差速器

前面讲的托森 C 型差速器是轴间差速器，也就是所谓的中央差速器，负责前轴与后轴的动力分配。同时，在前轴和后轴上还各有一个轮间差速器。为了提高车辆的运动性，在 RS4 等运动性较强的车型上，quattro 的组成部分还包括一个安置在后轴上的运动型差速器。

我们可以用单人划艇的运动情形来形容这个运动差速器的工作原理。当划艇直线前进时，在两支桨上施加的力是相同的。而为了进入弯道，我们就需要在外侧桨上施加更多的力，这样就能够使划艇灵活地转向。如果出现转向过度的情况，则只需要在内侧桨上施加更多的力，划艇就能很容易回到正轨，从而保证了整体前进的稳定性。事实上，我们完全可以把两个后轮看成是那两支桨，而安置在后轴上的运动型差速器就是划桨的人，只不过，这个“人”由一套差速器和电控装置组成。在需要时，这个“人”能够及时而有效地对施加在左右后轮上的转矩输出进行调节，从而达到让车辆行驶时更灵活和更稳定的目的。

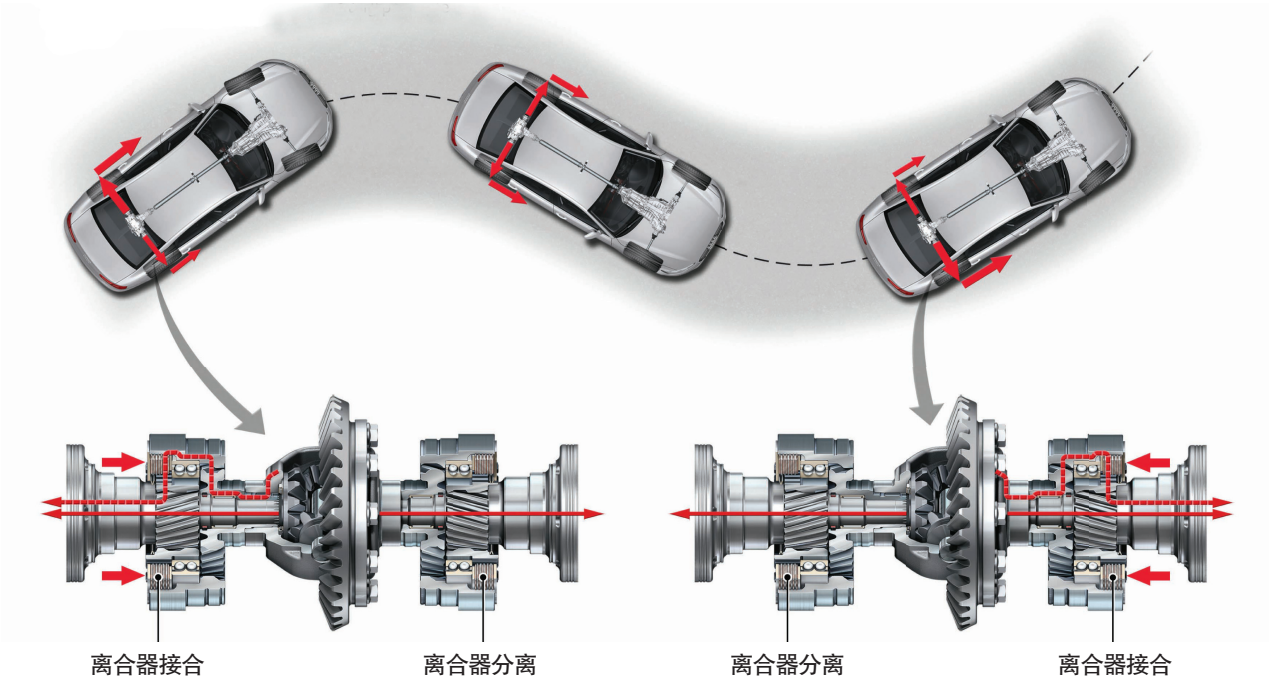
在新奥迪 A8 和 A6 上，也可以选装运动型后差速器。

当后轴上装有运动型差速器时，转矩分配系统只作用在前轴上。

入弯：
向外侧车轮增加转矩，以提高转弯能力

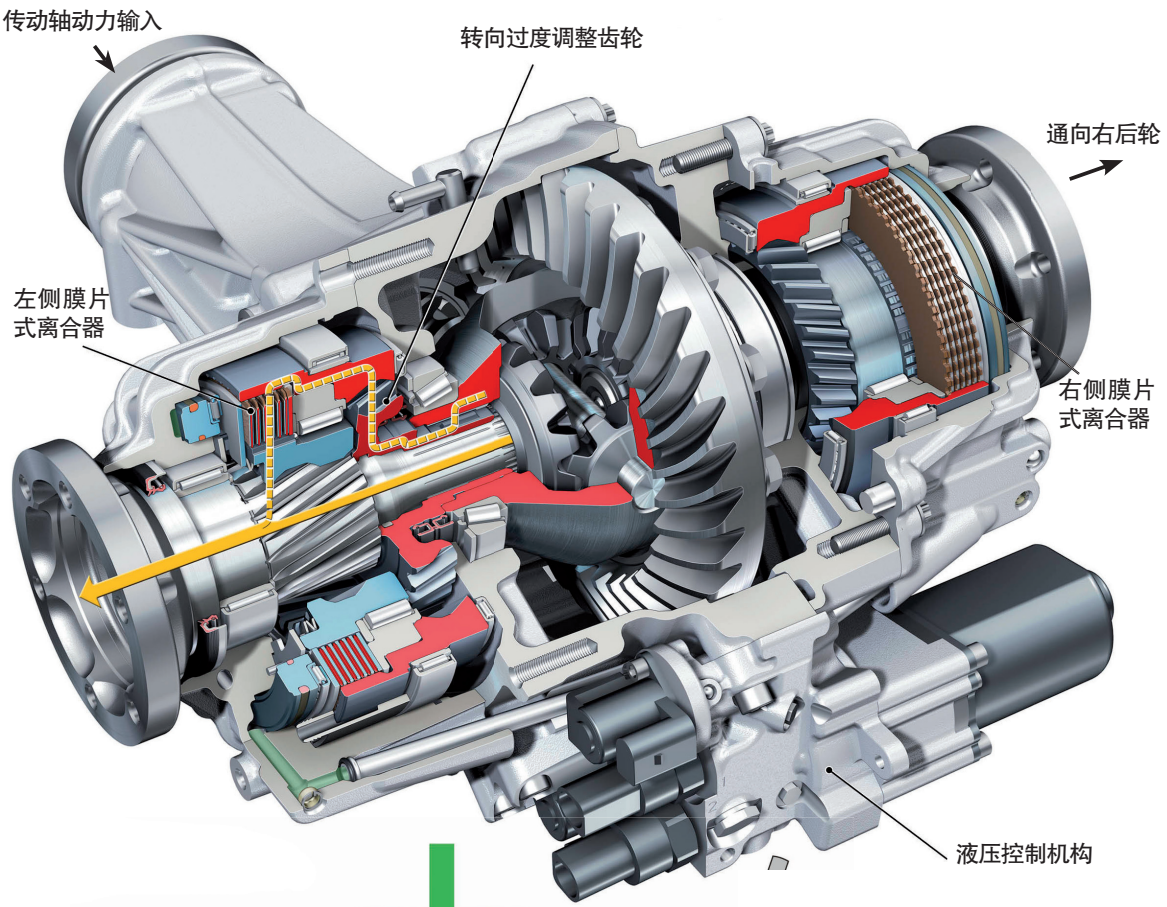
弯中：
根据不同的行驶状态转移转矩，从而提高灵活性和稳定性

出弯：
将转矩向外侧转移，避免转向不足

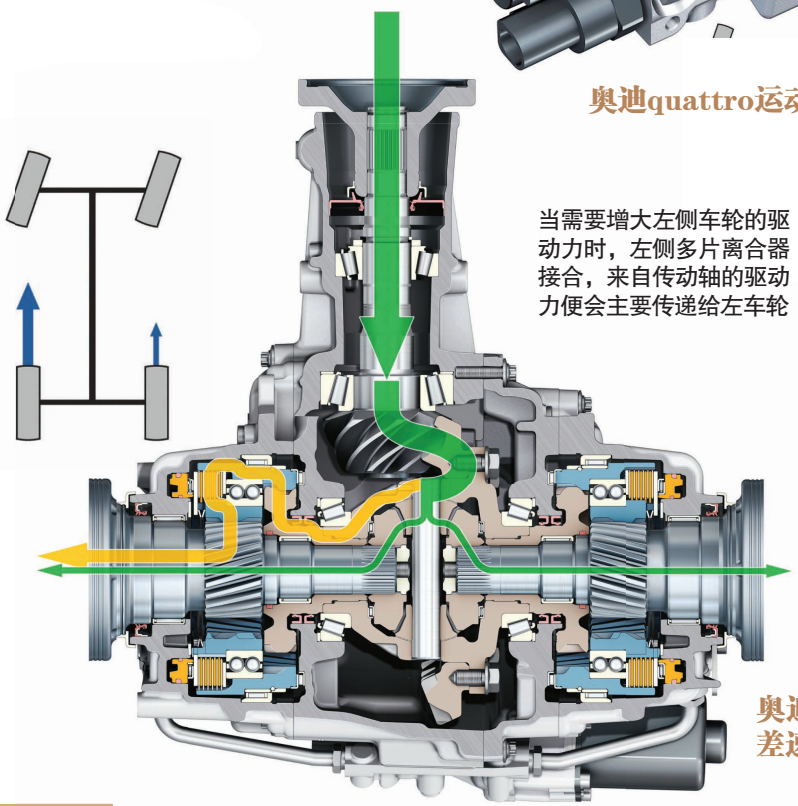


奥迪quattro运动型后差速器工作原理图

奥迪 quattro 运动型差速器构造



奥迪quattro运动型后差速器构造图



当需要增大左侧车轮的驱动力时，左侧多片离合器接合，来自传动轴的驱动力便会主要传递给左车轮

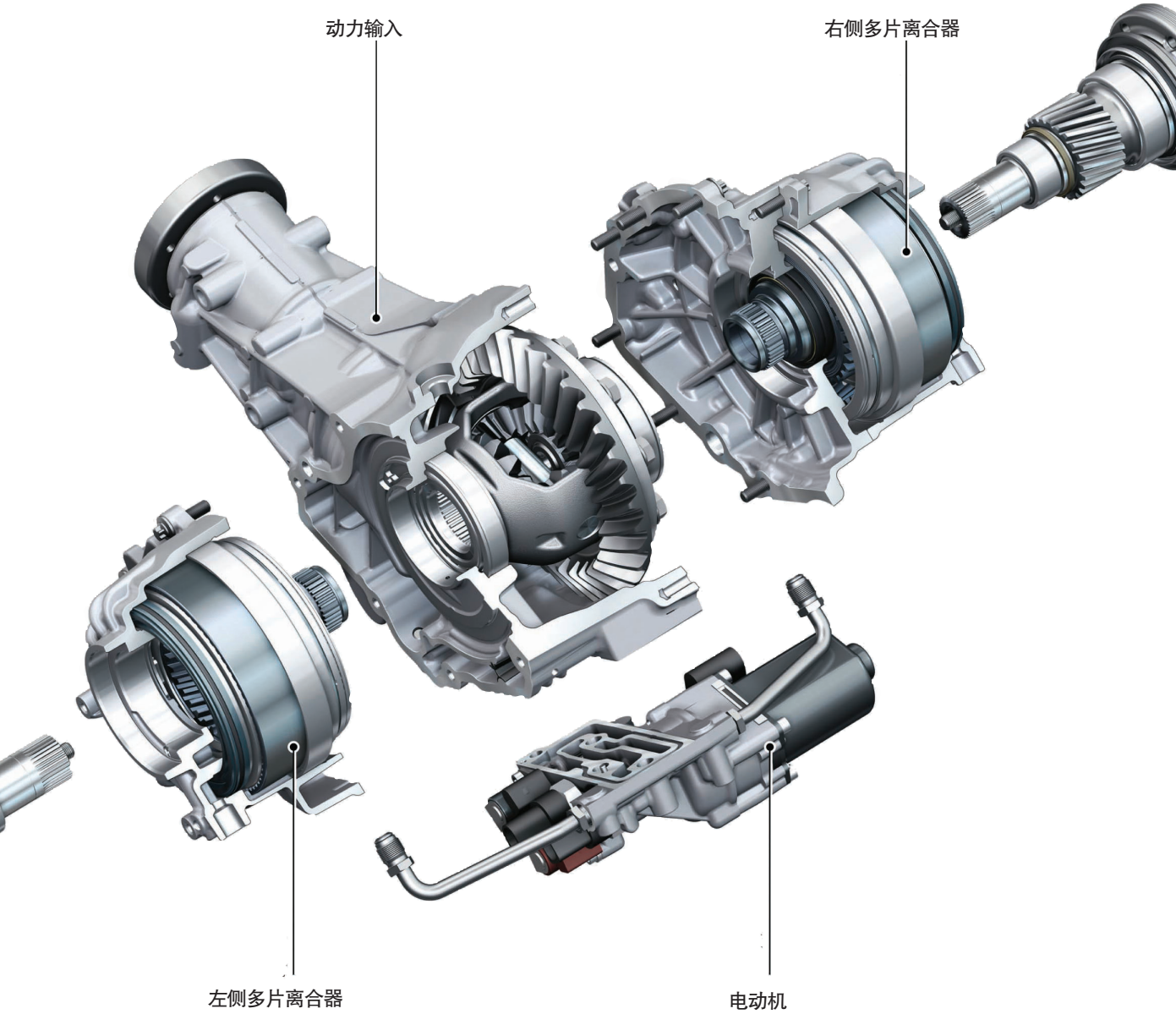
奥迪quattro运动型差速器工作原理图

运动型差速器是怎样工作的？

奥迪的运动型差速器和普通差速器的核心结构相差无几，核心部件都是由环齿轮、侧齿轮和行星轮组成。不同的是，运动型差速器在普通差速器的两端各加了一组多片离合器，并且由计算机和电动机控制两端多片离合器的动作。当需要增大一侧的驱动力时，就把这侧的多片离合器接合，而另一侧的多片离合器则仍分离，这样从传动轴传递来的驱动力就会更多地向一侧传递。

奥迪运动型差速器的结构原理与宝马动态驱动力分配系统基本一样，它们都是装配在后驱动轴上，用来调节左右后轮上驱动力的分配。

与 ESP 相比，运动型差速器反应更快、控制更精确。奥迪的运动型差速器可以在几千分之一秒内起作用，并且可以将左右两个车轮的转矩差最高调整到 1800 牛·米。



新奥迪A6 quattro运动型后差速器分解图

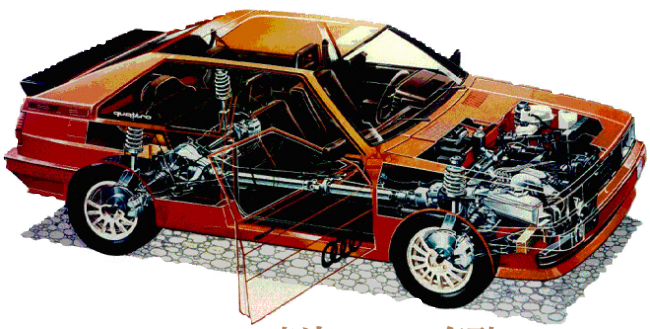
quattro Legend Story
quattro 历代传奇

quattro 最早的故事应该从 1977 年说起。在那一年，曾为大众研发了四轮驱动越野车 Iltis 的奥迪预备测试部门主管罗兰德·古姆佩特和他的上级、时任奥迪车身试验负责人的约克·本辛格有了将 Iltis 越野车的四轮驱动系统移植到奥迪轿车上的想法，而后者更是说动了奥迪主管技术研发的董事会成员费迪南德·皮耶希，让他批准了这个即将成为传奇的项目。

随着研发的进行，皮耶希开上了代号为 A1 的四轮驱动原型车，不久后，整个项目还得到大众公司的销售许可和新审批的研发费用。

1979 年初夏，大众终于批准生产四轮驱动奥迪车型，并将奥迪的四轮驱动系统命名为“quattro”。这个名称来源于 Quattratrac 一词（有关越野车专用变速器的术语）。而 quattro 在意大利语中意味着数字“四”，恰好反映出四轮驱动概念的特点，于是此后我们在所有具备四轮驱动系统的奥迪车上都能看到这个标识。

1980 年，第一代 quattro：空心传动轴

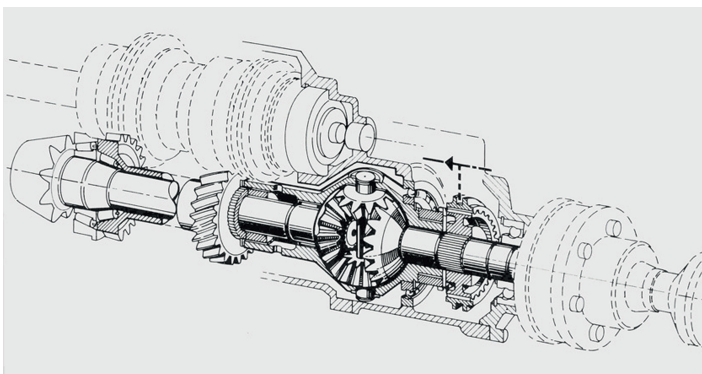


奥迪quattro车型

奥迪 quattro 借鉴了大众 Iltis 越野车的四轮驱动理念，但要想把四轮驱动技术从笨重的越野车成功地应用于轿车，所要做的工作并不是简单的“移植”可以完成的。由于轿车空间的限制，四轮驱动系统必须满足体积小、结构简单的要求。如何在有限的空间内将动力分配给前后轴成为奥迪工程师亟待解决的难题。

奥迪变速器工程师想出了一个绝妙的方案：在变速器内安装一根 26.3 厘米长的空心传动轴，使能量可以向两个方向传送。他们将差速器安装在奥迪 80 的变速器后，通过空心传动轴进行驱动，并通过该空心轴将动力传送到前轴差速器上。下一步则是在中央差速器的后端安装一根传动轴，用来将发动机的动力传递到后轴差速器上。这是汽车设计史上的创举。该空心轴理念实现了四轮驱动设想，并且重量轻、结构紧凑，同时效率出众。

空心传动轴成功地解决了向前后轴输出动力的难题，为了使奥迪 quattro 能够应对更为苛刻的路况，奥迪工程师在第一代 quattro 技术中使用了前、中、后三个开放式差速器，其中中央差速器和后轴差速器均带手动锁止功能。驾驶人可以根据不同路况需求，通过中控台的锁止开关控制差速器的工作状态。

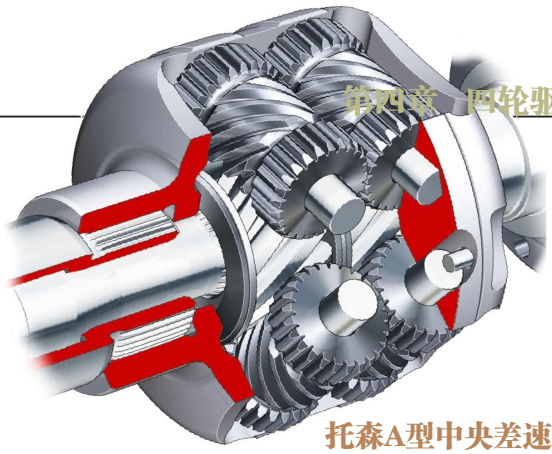


奥迪最早使用的中央差速器

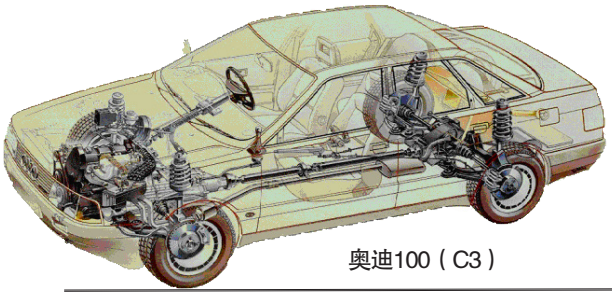
1986 年，第二代 quattro：托森 A 型中央差速器

1986 年，第二代 quattro 全时四轮驱动技术迎来了一次重要的技术革新：采用转矩感应式托森 A 型中央差速器。这套系统采用蜗轮式差速器结构，并利用蜗轮蜗杆不可逆传动原理提供不同的自锁值，可实现自动锁止功能的新系统不再需要驾驶人手动调节差速器的工作状态，日常使用更加便捷主动。

托森 A 型差速器主要由蜗轮、蜗杆行星轮、差速器壳体、前输出轴和后输出轴等部件组成。发动机输出的动力直接用来驱动托森差速器的壳体，壳体的转动会带动三组蜗杆行星轮转动。行星轮与壳体之间是由直齿连接的，与前后输出轴之间是由蜗杆连接的。这样动力可以顺利地通过行星轮分配给前后输出轴，从而能够驱动前后车桥。正是因为行星轮的蜗杆设计，让它具备了自锁止功能。一旦某车轴遇到较大阻力，托森差速器就会向这个车轴传输更大的动力。



托森A型中央差速器

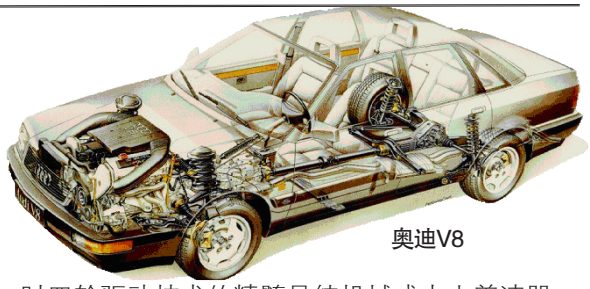


奥迪100（C3）

1988 年，第三代 quattro：首次应用于自动档车型

1988 年，奥迪首次将 quattro 全时四轮驱动技术应用在自动档车型，这也是四轮驱动技术第一次与顶级豪华轿车的结合。

1988 年 10 月亮相的奥迪 V8 根据不同的变速器类型提供了两套 quattro 四轮驱动系统，两套系统的差异体现在中央差速器上。奥迪为使用自动变速器的奥迪 V8 配备了带电控多片离合器的行星轮中央差速器，多片离合器锁死后可将全部动力传递至后轴，这种前瞻性的理念至今引领着当今四轮驱动技术的潮流。如果说 quattro 全时四轮驱动技术的精髓是纯机械式中央差速器，在奥迪 V8 自动档车型上对电控多片离合器的尝试似乎与最初的设计理念有所背离。但实际上奥迪已经坚定了“纯机械”的理念：奥迪 V8 的手动档车型便沿用了上一代 quattro 系统的托森 A 型中央差速器。



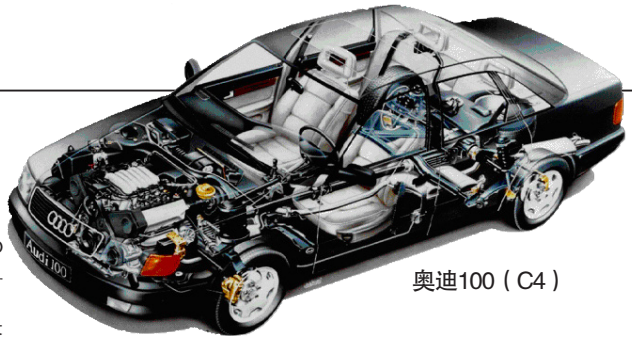
奥迪V8

为什么没有multitronic+quattro组合出现？

在现有奥迪车型中，找不到无级变速的四轮驱动车款，也就是不存在multitronic+quattro组合。难道是无级变速器的链传动转矩较小而无法承受四轮驱动的巨大动力？就这一问题，奥迪产品研发部底盘控制系统科科长拉尔夫·施瓦茨博士回答如下：

“现在无级变速器中传动链的承受力较以前有所增强，理论上讲，这不是阻碍multitronic+quattro组合出现的原因。如果有需求，现在完全可以把multitronic无级变速器安装到quattro车型上。为什么没有这么做呢？其实这与市场需求有很大的关系。那些热衷quattro四轮驱动车型的消费者，大多数是追求驾驶乐趣的活跃人群，他们喜欢畅快淋漓的加速感，喜欢那种对档位变换的掌控权。multitronic无级变速器虽然平顺性较佳，但它并不太适合对运动性能有更高要求的人群。这才是奥迪没有将multitronic无级变速器引入quattro车型的重要原因。”

笔者认为上述只是原因之一，并不一定是最主要原因。最主要原因与multitronic无级变速器的结构设计有关。multitronic是专为前轮驱动车辆特别设计的一种变速器。它的内部整合一个差速器，其动力输入轴与输出轴成90°，非常适合纵置发动机的前轮驱动车辆。如果将其放在四轮驱动车辆上，就必须大幅改变无级变速器的构造。那样的无级变速器，或许就不再称为multitronic了。



奥迪100（C4）

1994 年，第四代 quattro：托森 B 型中央差速器首次使用 EDL 电子差速锁

经过 14 年的不断完善，第四代奥迪 quattro 全时四轮驱动技术迎来了两项重大技术革新：首先，采用平行齿轮结构的纯机械式托森 B 型中央差速器取代蜗轮蜗杆结构的 A 型差速器。全新的 B 型中央差速器同样具备自动锁止功能，并且可以配备在自动档车型上。其次，第四代奥迪 quattro 系统在前后轴上首次使用了 EDL 电子差速锁。当单侧车轮出现打滑时，位于前后轴的电子差速锁可利用液压控制单元对打滑车轮进行制动，有效增强另外一侧车轮的驱动力。配合反应敏捷的纯机械式中央差速器，quattro 全时四轮驱动技术实现了在四个车轮间高效传递动力的领先优势。

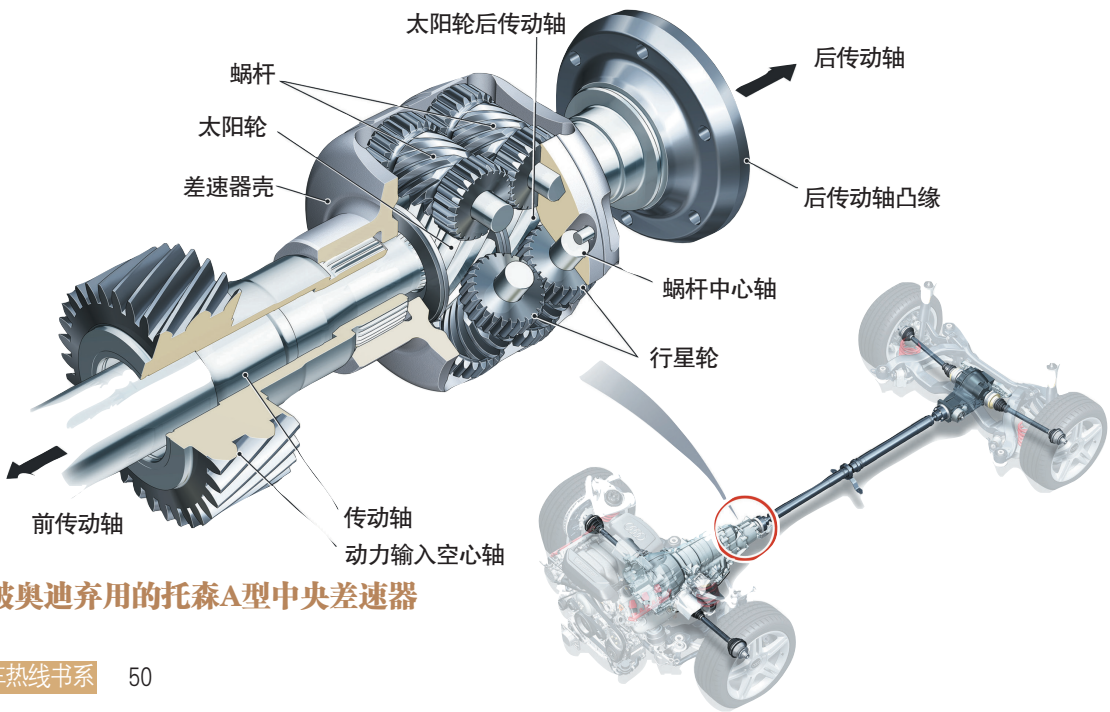
配备第四代 quattro 全时四轮驱动技术的手动档车型依旧使用托森 A 型中央差速器，新增加的前后轴电子差速锁是与上一代技术的最大差别。

虽然结构不一样，但托森B型和托森A型的功能是一样的。托森B型的标志就是它轴向放置的蜗杆，这也是它得名“平行轴托森”的原因

托森B型中央差速器

1997 年，第五代 quattro：优化的托森 A 型中央差速器

第五代 quattro 全时四轮驱动技术基本延续了上一代的特点，奥迪工程师将突破点放在了优化托森 A 型中央差速器和 ESP 与四轮驱动系统的配合上。经过优化的托森 A 型中央差速器具有更为出色的转矩分配能力，同时牵引力锁止值也得到了优化。为了使奥迪 quattro 车型能够应对各种极限路况，第五代 quattro 全时四轮驱动技术与 ESP 的配合更为密切。这一改进使 quattro 车型具备了更高的主动安全性。



已被奥迪弃用的托森A型中央差速器

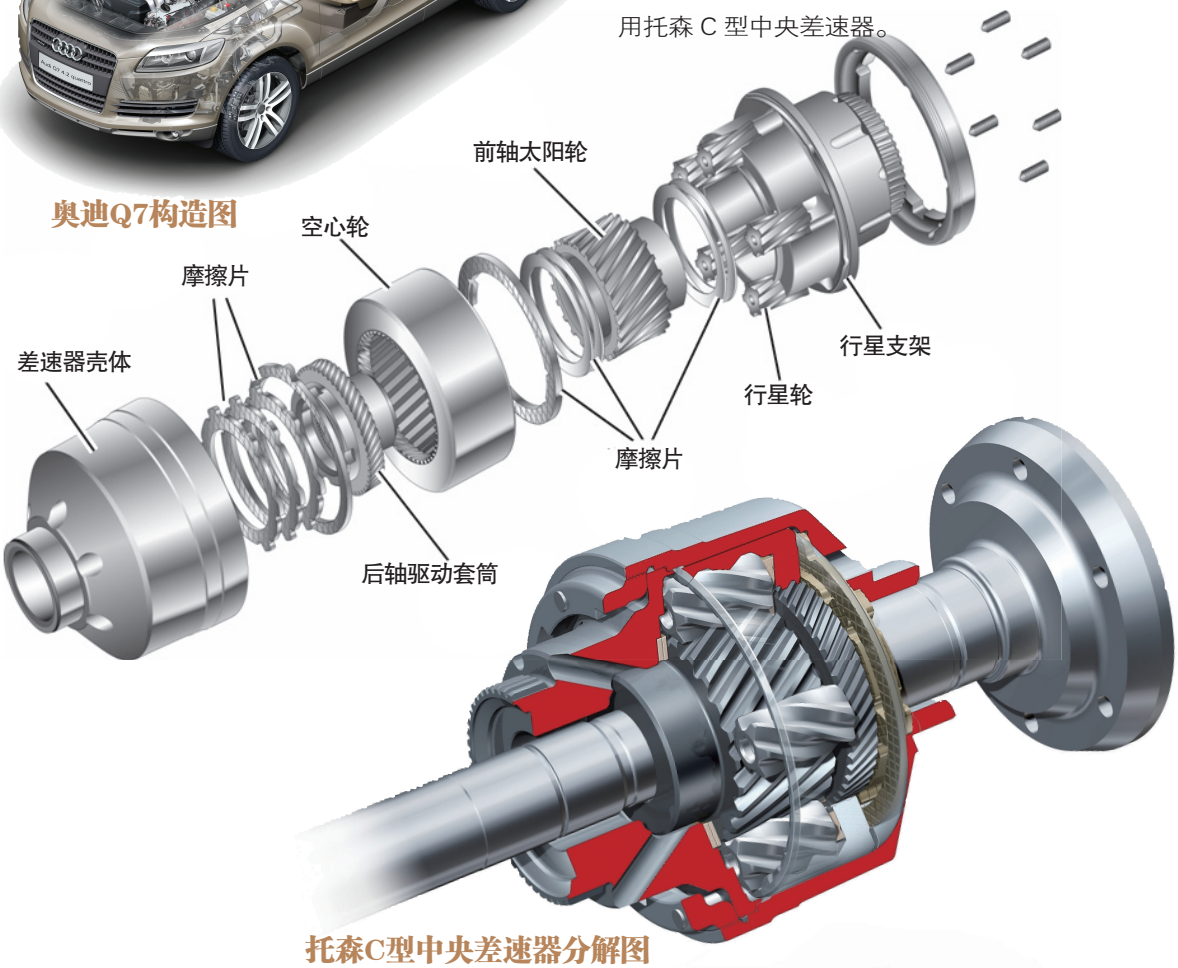
2005 年，第六代 quattro：托森 C 型中央差速器

奥迪 Q 系列诞生

2005 年，是对奥迪 quattro 全时四轮驱动技术最为重要的一年。在这一年，quattro 的核心技术中央差速器升级到 C 型，采用行星轮结构的托森 C 型中央差速器结构更加精巧，自动锁止功能的反应更为迅速。

同一年，全系标配 quattro 全时四轮驱动技术的奥迪 Q7 正式问世。这款充满动感的顶级豪华 SUV 标志着奥迪 Q 系列车型的诞生。现在奥迪 Q5、A8L 、A4L 的四轮驱动车型上，都是采用托森 C 型中央差速器。

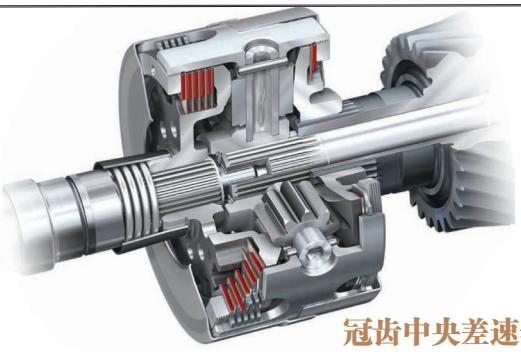
奥迪Q7构造图



托森C型中央差速器分解图

第七代 quattro：冠齿中央差速器

最新一代 quattro 的中央差速器已由原来的托森 C 型差速器改为本书前面介绍的冠齿差速器。它比托森 C 型中央差速器更轻，转矩分配范围变化更大。冠齿中央差速器最先在 RS5 上应用，随后在奥迪 A7 和新奥迪 A6 上采用。



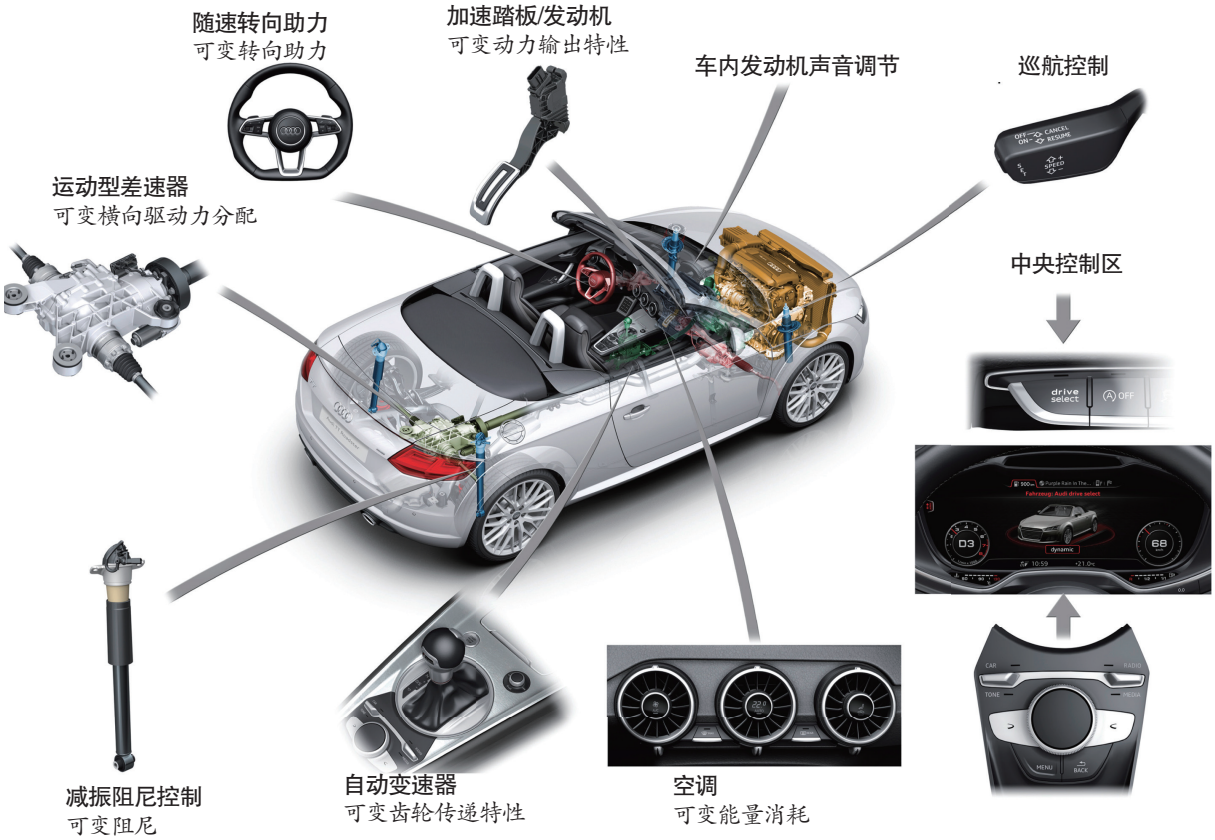
冠齿中央差速器

Chapter 5 DRIVE ASSISTANCE
第五章 驾驶辅助

计算机技术越进步，汽车性能就越先进，而且许多难以想象的功能都可能实现。汽车在计算机技术的帮助下，正变得越来越聪明，越来越安全，越来越省心省事，越来越容易驾驶。在计算机工程师的推动下，汽车正在往“傻瓜汽车”方向快速前进。

Audi Drive Select
驾驶模式选项

在传统汽车上，当调校驾驶性能的控制系统时，往往必须在各种性能之间有所取舍，驾驶人通常很难同时兼顾舒适性与运动性，因此奥迪研发了奥迪驾驶模式选项（Audi Drive Select）并应用于多款奥迪最新车型。该系统可以协助驾驶人对发动机、自动变速器、转向系统进行调节。只需通过控制按钮的轻松操作，驾驶人就可以在所需要的“运动”“自动”和“舒适”模式之间进行转换。奥迪驾驶模式选项的主要组成部分是采用新款叠式齿轮的动态转向系统和先进的电子控制。这些技术解决了轻松舒适与驾驶乐趣之间的矛盾。



驾驶模式选项集成系统示意图

怎样操作驾驶模式选项？

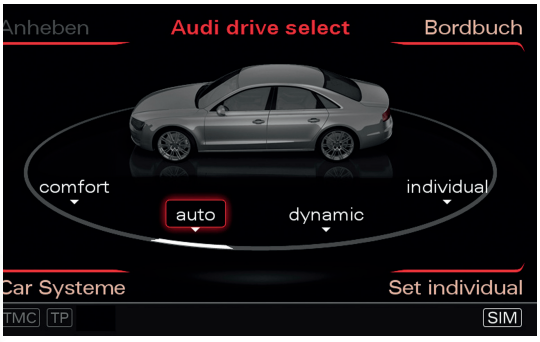
奥迪驾驶模式选项系统提供了三种预设操作模式：“运动”“舒适”和“自动”。这三种模式都可以通过以驾驶人为中心的控制单元激活和显示。所选模式会发亮以区别于其他未激活模式。按下左右箭头按钮，可以分别激活左右相邻模式。

汽车起动时，默认选择为“自动”模式（AUTO），发动机、变速器和转向系统等会根据行驶情况自动做出调整。

若选择“舒适”模式（COMFORT），汽车性能将明显侧重于驾驶舒适性。当驾驶人踩下加速踏板时，发动机和变速器将“优雅”地做出相应反馈，减振系统也变得更加柔和。“舒适”模式尤其适合轻松的长途旅行。

若选择“运动”模式（DYNAMIC），汽车的运动性能会明显提高，转向动作更直接，发动机节气门响应更加积极，变速器换档时的转速更高，减振系统也会更“强硬”些。“运动”驾驶模式尤其适合弯曲路面上的运动驾驶风格。

奥迪驾驶模式选项还有个“个性”模式（INDIVIDUAL），它可以让驾驶人根据自己的喜好设定汽车的系统参数，如发动机、变速器和转向等。按下此键后汽车即可按照驾驶人预先设定的个性需求运行。



奥迪A8上的驾驶模式选项显示

驾驶模式选项都可以改变哪些参数？

发动机：改变加速踏板响应和负荷变化表现。

自动变速器：改变发动机转速的换档点。

转向助力：改变随速助力转向系统的转向转矩曲线。

转向比：根据道路行驶速度改变动态转向系统的转向比。

Adaptive Cruise Control with Stop&Go

自动跟车自适应巡航系统

带有 Stop & Go 功能的自适应巡航系统 (ACC) 已装备在奥迪 A8 和奥迪 A6 上。雷达传感器能够协助奥迪 A8L 保持与前车的固定距离，并能够在 0~250 千米 / 时的区间内保持与前车速度一致。这套系统的 Stop & Go 功能将车主从缓慢的城市交通中彻底解脱出来，停停走走的车辆起停操作被自适应巡航代替——每当前车开始移动，车辆便会随之起动并恢复跟随前车。在长时间停车的情况下，例如路边停车或长时间红灯，驾驶人在交通恢复通畅后仅需在加速踏板上轻点一下，或者在 ACC 控制杆上按下按钮，车辆便会在接下来的 15 秒之内根据具体路况自动寻找最佳起步时机并且恢复跟随前车。

带 Stop & Go 功能的自适应巡航系统使用两个雷达传感器，高频雷达波涵盖了前方 40° 内 250 米长的范围。计算机根据雷达波的回馈判断出前方是否有车辆，以及车辆的速度及相对位置。一个微型摄像机也安装在车内后视镜附近，它可以监测车前方 40° 内 60 米长的范围。驾驶人能够对 Stop & Go 功能进行调节，以改变跟车模式，比如跟车时不同的加速减速响应以及响应幅度等均可选择。

装置在车前方的雷达可以探测车前方40° 内250米长范围内的路况

Lane Assist
车道偏离警告

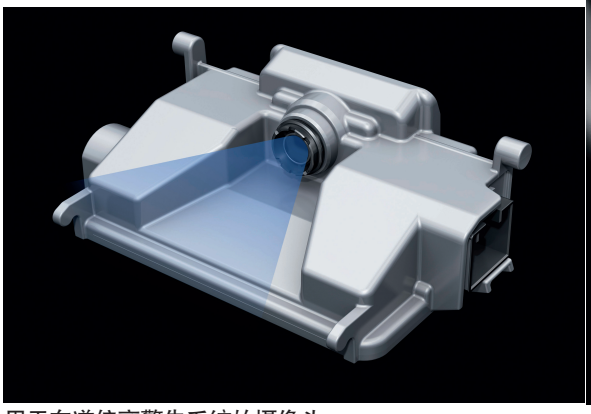
奥迪车道偏离警告系统在车辆车速达到 65 千米 / 时以上时介入，对前方道路进行实时监控，并给予驾驶人警告提示。车道偏离警告系统通过集成于中央后视镜的高分辨率摄像机，对前方 40° 、60 米内的距离进行实时监测，每秒拍摄 25 帧高分辨率图像，并对其进行分析，识别出当前行驶的车道，并对非人为主动转向造成的偏航进行警告。

在车辆偏离车道的过程中，如果驾驶人并未对警告做出响应及方向调整，车道偏离警告系统会起动安置在方向盘中的振动电动机，以振动的方式再次警示驾驶人。

特别提醒：

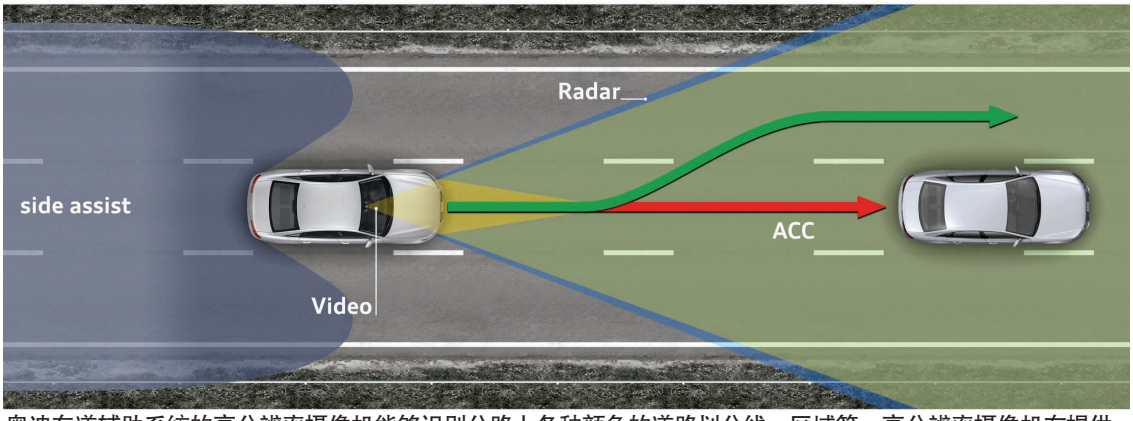
摄像头也无法识别所有的行驶车道标记线，可能出现误将行驶车道结构或物体识别成标记线的情况。这可能导致错误的警告或不发出警告。

摄像头的能见度可能会由于前方行驶的车辆、下雨、下雪以及猛烈溅起的水花和相反车道的灯光照射而降低。这会导致车道偏离警告系统无法识别标记线。



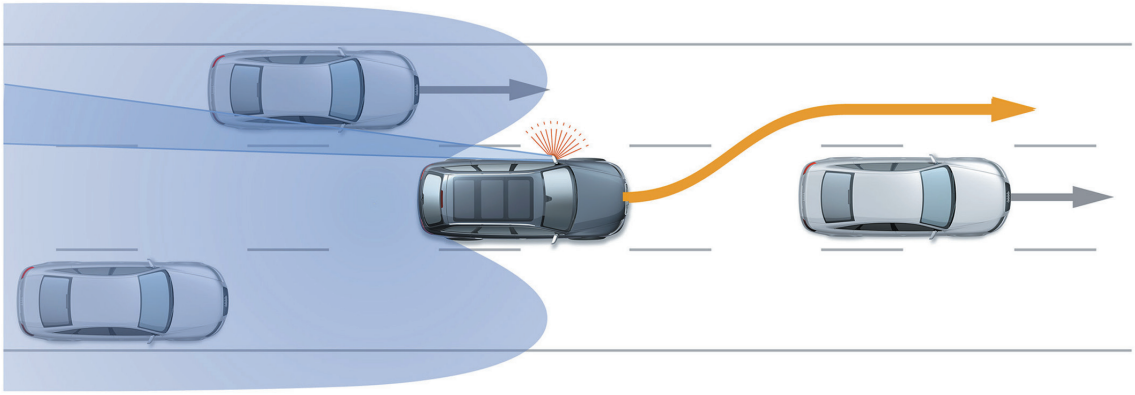
用于车道偏离警告系统的摄像头

提醒驾驶人注意的方向盘振动元件



奥迪车道辅助系统的高分辨率摄像机能够识别公路上各种颜色的道路划分线、区域等。高分辨率摄像机在提供辅助警告的同时，还为ACC Stop & Go提供实时路况信息，将监测到的交通拥堵信息传递给该系统

Side Assist
换道辅助系统



换道辅助系统利用车身周围安装的测距雷达测量周围车辆与本车的距离和速度差。只要这个速度差和距离在换道辅助系统认为的换道危险临近值之内，那么安装在车外后视镜上的 LED 警告灯便会发出警告。

当其他车辆超过本车或本车超过其他车辆时，指示器都可能会亮起。

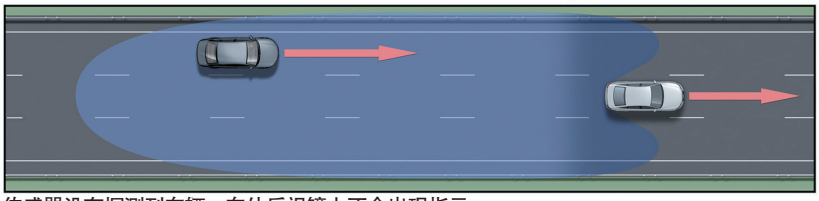
如果本车超过另一辆车速差在 15 千米 / 时内的慢车，那么只要该车处在盲区中并且被换道辅助系统探测到，指示器便会立即亮起。在速度差较大的情况下，车外后视镜上不会发出指示。

在没有打开转向灯的情况下，换道辅助系统会向驾驶人通报已探测到的、如果变换行车道的话会遇到属于危险临近值之列的车辆。只要这个探测到车辆的速度差和距离在换道辅助系统认为的换道危险临近值之列，相应后视镜上的指示器便会以微弱灯光亮起。信息等级的灯光亮度不是那么强烈醒目，这样驾驶人在无变换行车道意图行驶的情况下观察路况的目光不会受到干扰。如果驾驶人看一眼车外后视镜，便能清楚识别出这是信息等级。

当有其他车辆临近时，车外后视镜上的警示灯就会闪亮

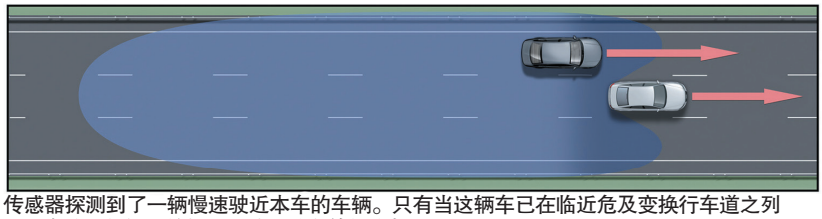
如果打开了转向信号灯，而且换道辅助系统已在相应的这一侧探测到了变换行车道时有其他车辆临近的危险，这一侧后视镜上的指示器便会以明亮灯光闪烁。这种明亮灯光的多次短促闪烁是提示驾驶人看一眼后视镜或回头看一眼，重新检视当前的行驶状态。

慢速驶来的车辆



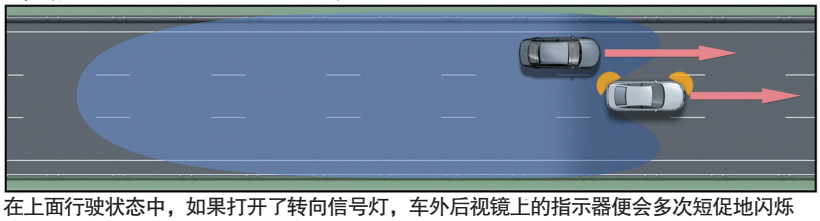
传感器没有探测到车辆。车外后视镜上不会出现指示

车外后视镜上不出现指示



传感器探测到了一辆慢速驶近本车的车辆。只有当这辆车已在临近危及变换行车道之列时，车外后视镜上的指示器才以信息等级亮起

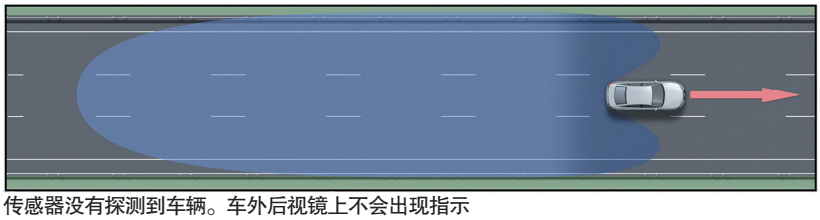
指示器以信息等级亮起



在上面行驶状态中，如果打开了转向信号灯，车外后视镜上的指示器便会多次短促地闪烁

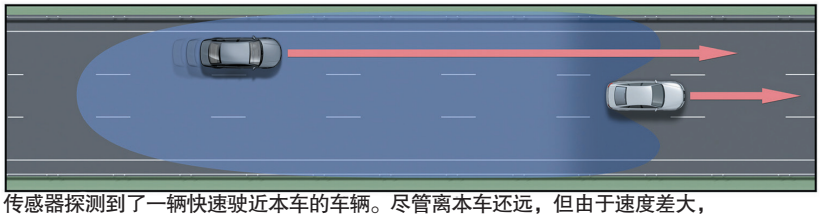
指示器短促地闪烁

快速驶来的车辆



传感器没有探测到车辆。车外后视镜上不会出现指示

指示器不亮起



传感器探测到了一辆快速驶近本车的车辆。尽管离本车还远，但由于速度差大，这辆车已在临近危及变换行车道之列

指示器以信息等级亮起

在上面行驶状态中，如果打开了转向信号灯，车外后视镜上的指示器便会多次短促地闪烁。换道辅助系统由此提示驾驶人可能没有看到的车辆。车辆向本车驶近的速度越快，车外后视镜上的指示器就亮得越早

指示器短促地闪烁

换道辅助系统工作过程示意图

Audi pre sense front
前方预警安全系统

随着计算机和信息技术的进步，各种名称不同的预警安全系统越来越多，下面以奥迪 A8 上安装的前方预警安全系统为例进行简单介绍。

第1阶段：

当前方车辆突然制动或者本车快速靠近前车的情况下，预警安全系统会以红色警示标志和声音提示向驾驶人发出警告，同时预先提高制动系统内的液压并增加空气悬架的硬度以应对随时可能出现的紧急制动。第1阶段的综合警示起到了第一时间提醒驾驶人进行制动的效果，这往往也是避免事故发生的最佳时机。

第2阶段：

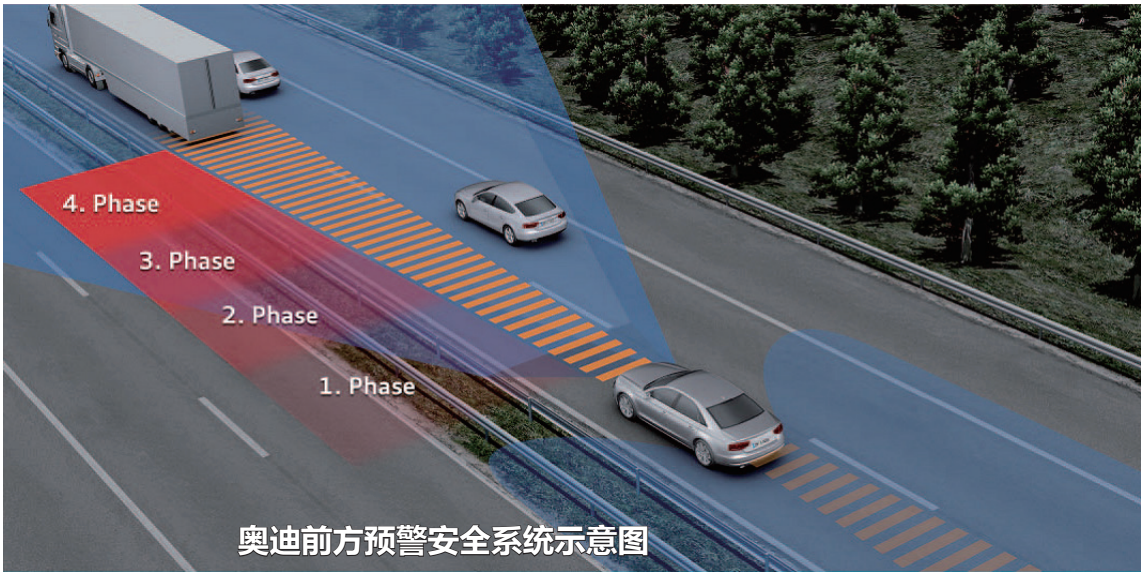
如果驾驶人对第1阶段的干预无动于衷，制动系统会使用之前已经建立的制动系统液压实施一次点制动，由此引发的车辆振动会吸引驾驶人足够的注意力，并使其对当前的危险状况进行主动人为干预。同时，系统通过轻度收紧安全带的方式提醒驾驶人注意可能发生的危险。此时，如果驾驶人采取制动措施，制动系统会根据与前方障碍物的距离主动提供精准的制动力。值得一提的是，在第1阶段预先建立的制动油压能够为第2阶段的制动节省0.2秒左右的时间——不要小看这0.2秒，当在车速为130千米/时的情况下，这意味着制动距离缩短了7米之多。

第3阶段：

第2阶段预警干预做出后，如果驾驶人仍然不采取应对措施，系统将强行进入第3阶段的预警干预——事实上，这个阶段已经由警示转化为干预——奥迪预防式整体安全系统会果断地以3米/秒的加速度进行自动制动，同时迅速关闭车窗与天窗，并自动开启危险警告灯。

第4阶段

如果事情发展到第 4 阶段，预警安全系统就要拉紧安全带并全力制动了。



奥迪前方预警安全系统示意图

Audi pre sense rear
后方预警安全系统

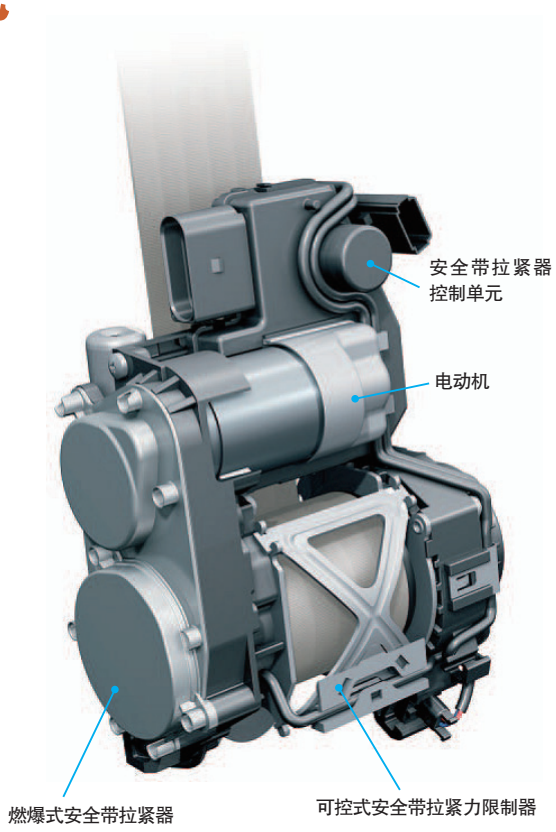
可以防止追尾的预警安全系统，称为后方预警安全系统。此系统必须与行驶换道辅助系统一起工作。其工作原理是通过雷达传感器不断地将信息发送给换道辅助系统控制单元，后者分析信息后把相应数据放到数据总线上，让其他控制单元接收、分析信息并采取相应措施。后方预警安全系统和前方预警安全系统一样，它也不能阻止撞车，只能起到预警提醒和做好撞车准备。后方预警安全系统也分为两个阶段。

第1阶段：

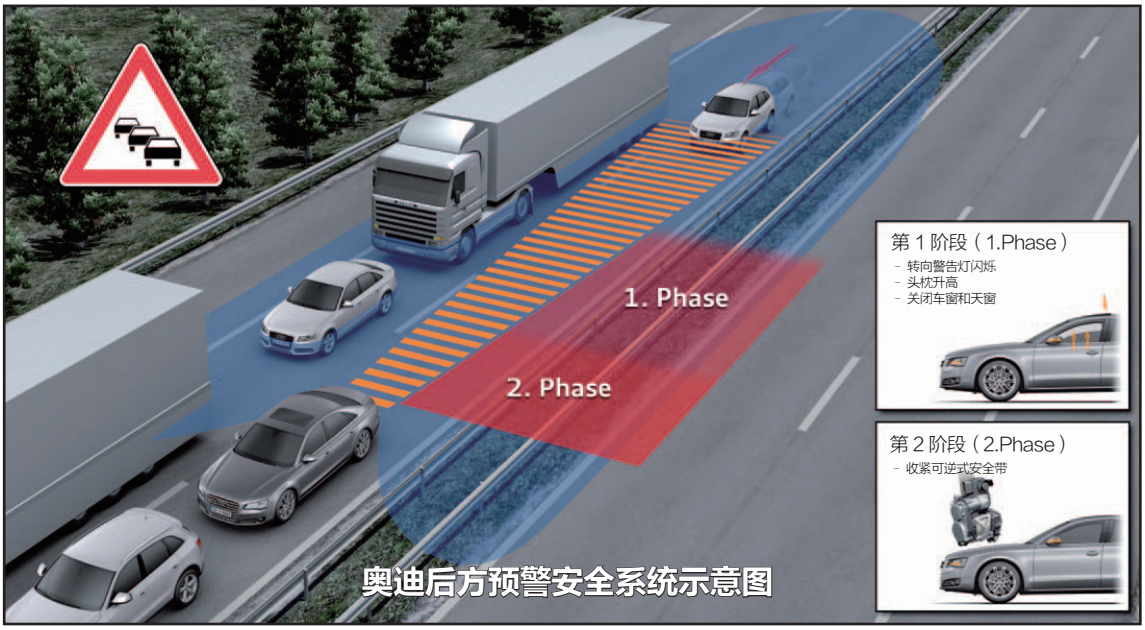
若后面跟行车辆靠近且可能有撞车危险，那么驾驶人侧的前部安全带张紧器控制单元会将一个信息发送到数据总线上。车窗和天窗会自动关闭，危险警告系统接通。如果车上有前部座椅位置记忆功能，那么头枕就会升高。如果车上有前部舒适座椅和后部座椅位置记忆功能，那么所有的头枕都升高，靠背上部会向前倾。

第2阶段：

若后面跟行车辆继续靠近，碰撞已不可避免了，那么自适应安全带会依靠电动机来完全收紧。



预拉紧式安全带构造图



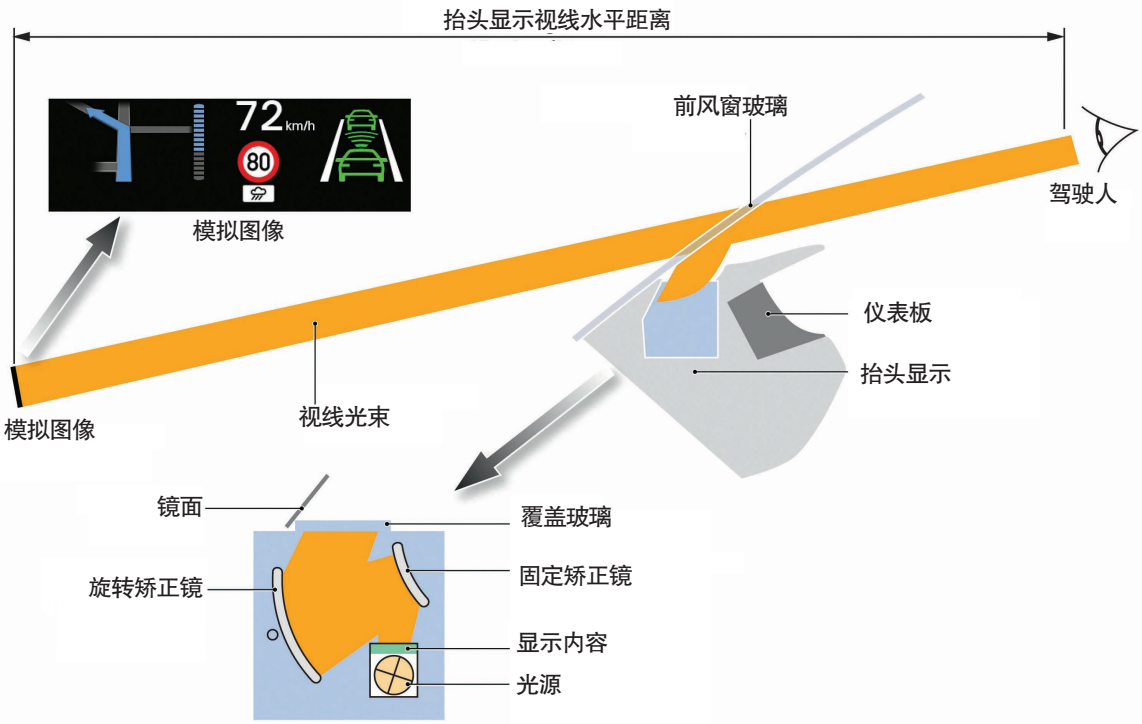
奥迪后方预警安全系统示意图

Head–up Display
抬头显示系统

抬头显示（Head–up Display, 简称 HUD）也称平视显示系统，它默认显示行车速度，还可以显示自适应巡航（ACC）的相关信息以及导航的路口转向等信息。驾驶人几乎不需要低头观看仪表板就能了解行车和导航信息，极大地提高了行车的安全性。

HUD 的构造主要包括两个部分：资料处理单元与影像显示装置。资料处理单元将行车各系统的资料如车速、导航等信息整合处理之后，转换成预先设定的符号、图形、文字或者数字的形态输出；影像显示装置安装在仪表板上方，接收来自资料处理单元的信息，然后投射在前风窗玻璃的全息半镜映射信息屏幕上。如下图所示，显示内容先被投射在固定矫正镜上，然后反射到旋转矫正镜，再投射到前风窗玻璃上，最后在驾驶人面前一定距离显示模拟图像。

奥迪A6轿车抬头显示系统



奥迪A6轿车抬头显示系统工作原理示意图

Audi Virtual Cockpit
虚拟驾驶舱

奥迪新Q7虚拟驾驶舱构造图

奥迪虚拟驾驶舱是一块 12.3 英寸、分辨率为 1440 x 540 像素的 TFT 屏幕。它可以显示高清、细节丰富的图像。例如，电子显示的转速表指针每秒会刷新 60 次，以确保它顺畅、精准的效果。列表下拉的滚动遵循物理特性，综合考虑了惯性、弹性和阻尼等因素。奥迪虚拟驾驶舱强大的处理速度源自合作伙伴英伟达公司的 Tegra 30 芯片。

驾驶人可以通过方向盘上的按钮在“多媒体视图”和“经典视图”两种界面之间切换。在“多媒体视图”模式下，屏幕大面积显示导航地图或者电话簿、电台和媒体列表等信息，转速表和时速表以小圆盘的形式分布在屏幕的左右两侧。而在“经典视图”模式下，转速表和时速表会以传统的视觉效果呈现。

奥迪虚拟驾驶舱可以用多种形式全面显示所有信息——从导航箭头到动画效果乃至辅助系统的图像。根据不同的菜单，奥迪 MMI 系统会改变主题颜色，例如媒体菜单是橙色，电话菜单是绿色。此外，屏幕下方会固定显示外界温度、时间和里程数以及警告和提示信息。

Chapter 6 LIGHTING

第六章 灯光技术

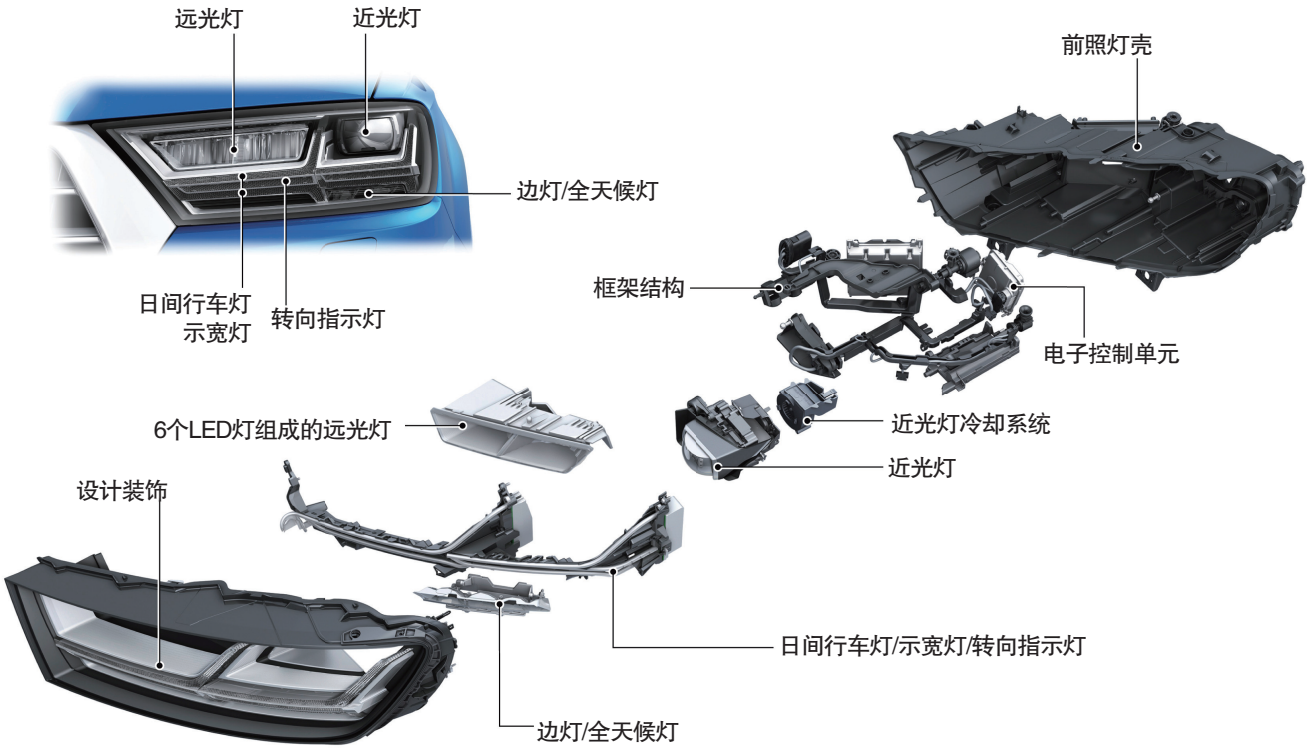
奥迪汽车曾将 LED 技术广泛应用于尾灯上，使奥迪汽车在夜晚的辨识度达到极致，并因此带来一股“尾灯标识”风潮，至今此风不衰。奥迪也是最早推出全车 LED 灯光的制造商。现在奥迪的矩阵激光前照灯是最先进的汽车灯光技术代表。

LED Lighting

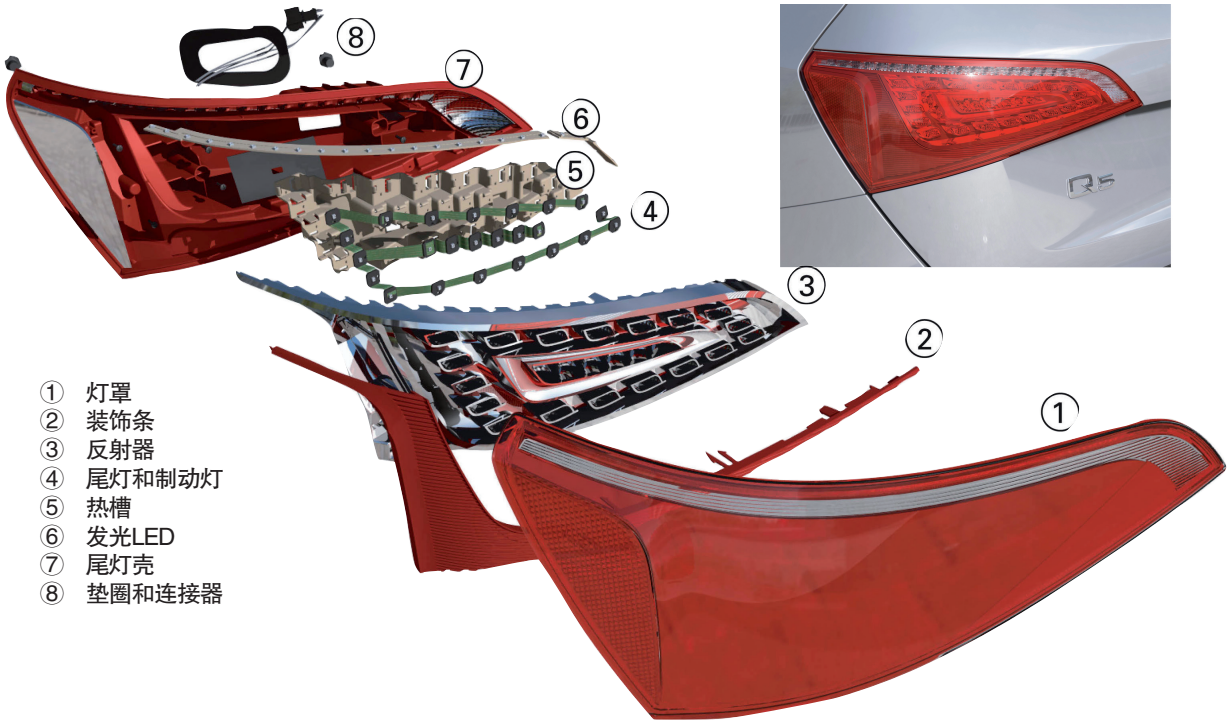
LED 灯光技术

LED 是英文 Light Emitting Diode（发光二极管）的缩写，它只需 3~4 伏的低电压即可产生非常明亮的冷光，不仅寿命长，而且可以节能 60% 以上。

汽车前照灯上采用的 LED 灯的灯光温标为 5500 开尔文，接近于日光，这使夜间开车时眼睛不易疲劳，同时醒目的照明效果还大大提高了驾驶安全性。更为重要的是，LED 灯的能耗非常低，每个只有 40 瓦，奥迪 A5 软顶敞篷车的 LED 日间行车灯只有大约 16 瓦，传统车灯的最大功率为 200 瓦。LED 灯的能耗水平比已经非常节能的氙灯还要低，可以节约燃油达 0.2 升 / 百千米。



奥迪Q7车型LED前照灯结构图



奥迪Q5车型LED尾灯结构图

奥迪Q7车型氙气前照灯结构图

车用LED发展历程

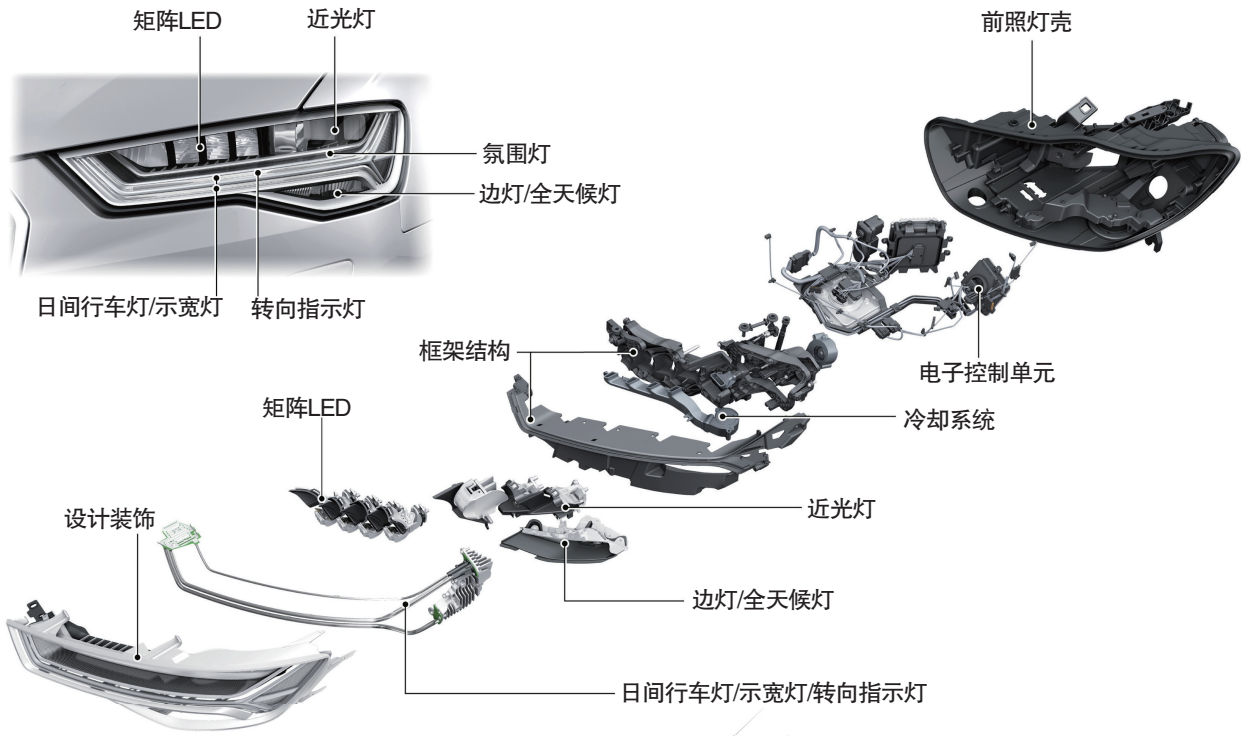
从1992年开始，红色LED灯越来越多地作为高位制动灯、尾灯和制动灯使用。直到2004年，白色的LED灯才出现在汽车上，并作为A8 W12轿车上的日间行车灯使用，奥迪也从此成为第一家使用LED日间行车灯的汽车制造商，并从2006年起迅速将这种神奇的白色灯光普及到S6、R8和A5/S5上。

Matrix LED Headlight
矩阵 LED 前照灯

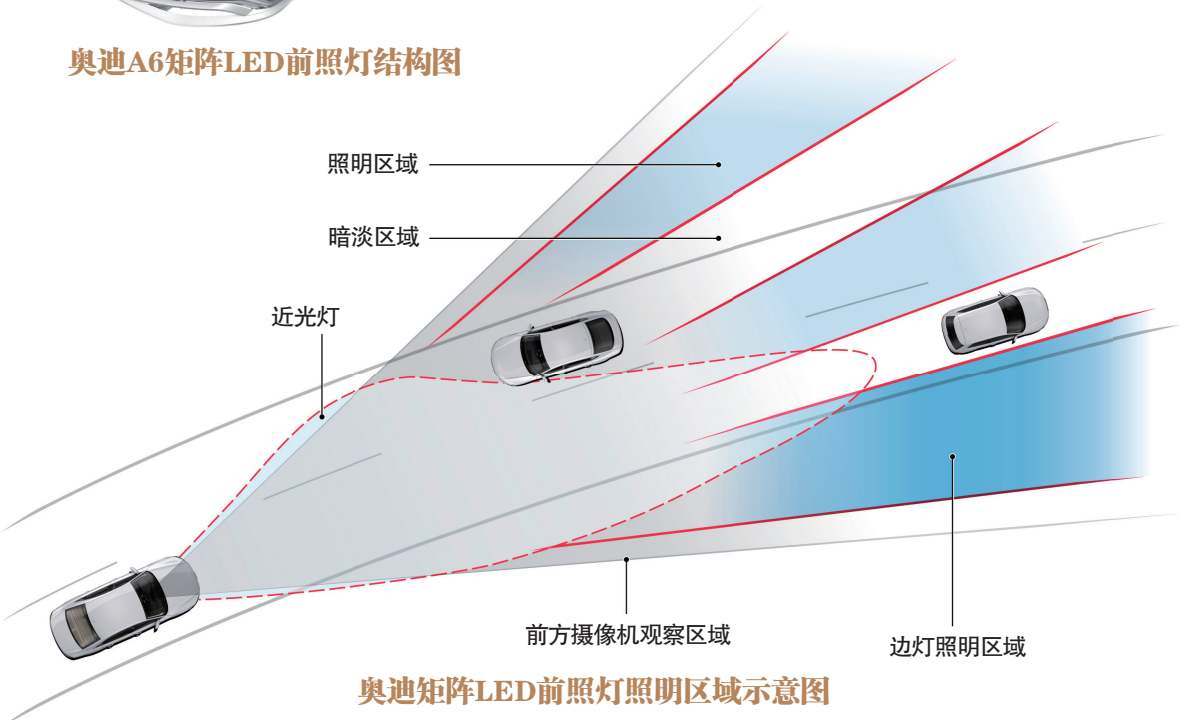
奥迪A8矩阵LED前照灯结构图

奥迪的矩阵式 LED 前照灯已装配在多个车型系列中。以奥迪 A8 为例，矩阵式 LED 前照灯由 25 个发光二极管组成，它产生的光线与日光相似，色温约为 5500 开尔文。每只灯的能耗仅为 40 瓦，比目前高效的氙气前照灯还低。LED 灯红色发光二极管的最高温度约 120 摄氏度，白色约 150 摄氏度，远低于最高 400 摄氏度的卤素前照灯，因此不会过热。同时，风扇能将 LED 灯产生的热量吹向灯罩，从而避免灯罩在冬天可能出现的冰雪凝结现象。

当前照灯开关处于“自动”状态，并同时开启了远光灯，且车辆的速度达到或超过 60 千米 / 时时，矩阵式 LED 前照灯将会被激活。在激活状态下，一旦灯光系统所连接的摄像头检测到前方有其他交通对象，比如骑自行车的行人等，灯组控制器就会立即关闭射向该对象的 LED 灯源，其他灯源继续保持照明，或使灯光分成 64 个阶段变暗。矩阵式 LED 前照灯组投射出的光线，能够自动避开逆向驶来的车辆和前方行驶



奥迪A6矩阵LED前照灯结构图

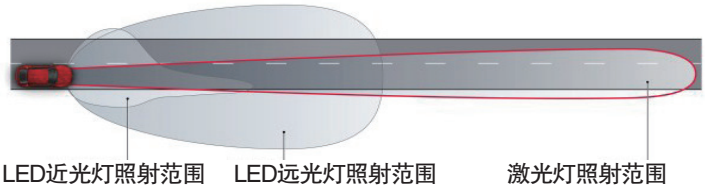


奥迪矩阵LED前照灯照明区域示意图

的车辆。一旦逆向车辆驶离，矩阵式 LED 前照灯会自动切换回全功率状态，继续为驾驶人提供最佳的照明视野，并且不会对道路上的其他车辆或行人造成眩目，同时它还能为车辆旁边区域提供充足的照明。

在奥迪 A8 等车型上，矩阵式 LED 前照灯可与夜视辅助系统相互配合。当夜视辅助系统监测到有行人出现在车辆前方的关键区域时，矩阵式灯组中的一个 LED 灯会对着前方行人自动连续快速闪烁 3 次，目的是将行人突出照亮，与周围背景形成明显的对比，起到警告行人和驾驶人的作用。

Laser Headlight
激光前照灯

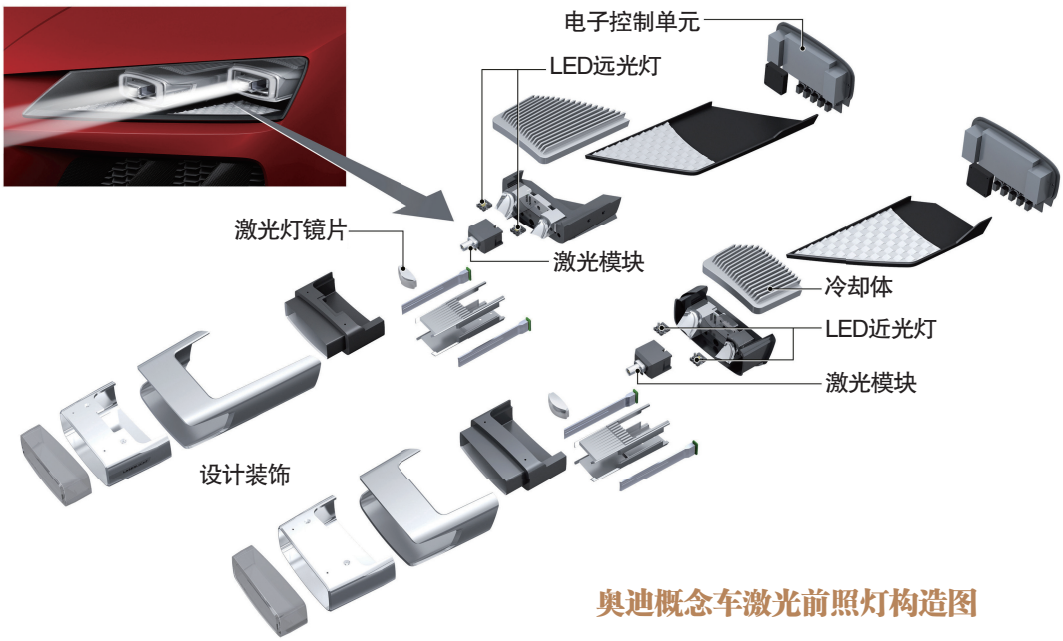


2014 年，奥迪在高性能超级跑车 R8 LMX 上配备激光远光灯，开创了该技术在全球的首次量产。在此之前，该技术曾安装在奥迪 R18 e-tron quattro 赛车上，并经过“勒芒 24 小时耐力赛”的严酷检验。

新一代激光远光灯可以照射出长度达数百米的光柱，它的照明距离是普通 LED 远光灯的两倍。这个超长的光柱是由前照灯总成内的一个激光模块生成的，每个模组内含有 4 个直径仅为十分之三毫米的激光二极管，它们可以发出一束波长为 450 纳米的蓝色单色激光，然后通过转换器将激光转化为色温 5500 开尔文的白光。

激光远光灯在车速超过 60 千米 / 时后被激活，配合智能摄像头，它还可以自动识别对向的行车人员并自动开启防眩目功能。得益于此，激光前照灯不仅为驾驶人提供了更远的视野，同时还大大提高了行车安全。

奥迪R8超级跑车激光前照灯构造图



奥迪概念车激光前照灯构造图

Matrix Laser Headlight
矩阵式激光前照灯

奥迪的矩阵式激光前照灯，通过将激光光柱分解成一个个独立的小光点，可以对道路进行高分辨率的精准照明。

奥迪在矩阵式激光前照灯中采用的是 DMD 技术 (Digital Micromirror Device)，即数字化微型反射镜设备。DMD 技术也被许多视频投影仪采用，其核心部件是数十万个微型反射镜（边长仅为数百分之一毫米）。利用静电场的作用，这些反射镜每秒钟可以翻转高达 5000 次。灯光通过不同位置的反射镜被投射到道路上。

通过 DMD 技术，奥迪可以为各种不同的交通状况提供最佳的照明方案。从技术上来讲，DMD 技术使奥迪的“矩阵式”拥有无限种可能。比如，通过发出灯光光束来模拟车身左右宽度，进而帮助驾驶人通过狭窄路段；车辆转弯时，在道路上投影箭头或其他图形，以向道路其他参与者提示车辆正确的预行驶方向；在车辆前方照射出一个明暗相间的光栅，以提示行人可以安全穿越马路；使用高分辨率的灯光对重要的交通标志进行聚焦照射，以提醒驾驶人道路信息，或者通过对光线的精准调控来避免强光对其他行车人员造成眩目。

奥迪车灯技术进步历程

1994年：奥迪A8采用第二代氙气前照灯。

2003年：奥迪A8采用随动转向前照灯。

2004年：奥迪A8 W12车型采用LED日间行车灯。

2008年：奥迪R8采用全LED前照灯，奥迪A4以上系列采用无汞增强版氙气前照灯。

2010年：奥迪A8采用与导航数据相连接的智能前照灯。

2011年：奥迪A6的LED尾灯采用光带设计。

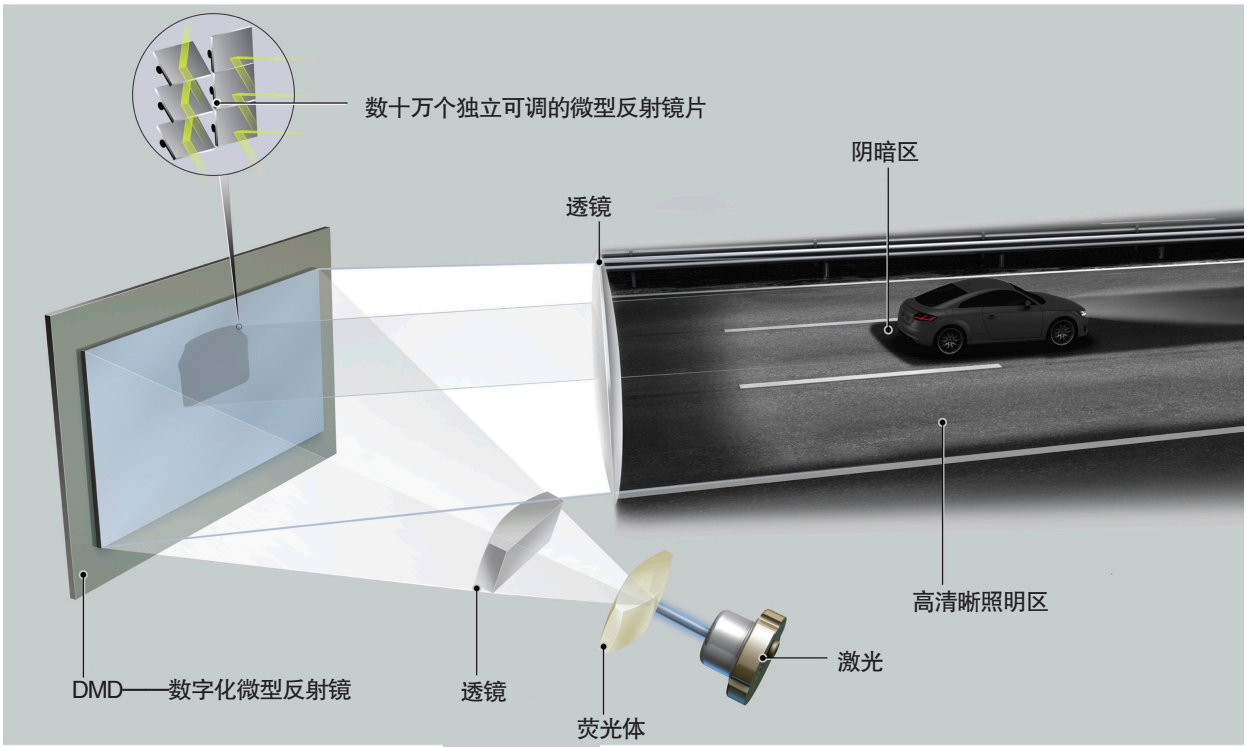
2012年：奥迪R8采用动态转向灯。

2013年：奥迪A3率先在紧凑级车型中采用全LED前照灯。

2013年：奥迪A8采用全球首创的矩阵式LED前照灯。

2014年：奥迪R8 LMX全球最早将激光远光灯运用于量产车。

2014年：奥迪prologue概念车展示矩阵式激光前照灯科技。



奥迪矩阵激光前照灯原理示意图

Chapter 7 Hybrid & e-tron

第七章 电动和混合动力技术

节能已成为当今汽车技术发展最主要的方向。可以说，汽车先进技术归根结底就是汽车节能技术。谁掌握了有效实用的节能技术，谁就掌握了汽车市场的主动权。

AUDI R8 e-tron

奥迪 R8 纯电动跑车

全新奥迪 R8 e-tron 超级跑车采用两个电动机同轴并共同驱动后轮，而 T 形锂离子电池组则安装于中央传动通道和座椅后方，总计高达 92 千瓦·时的电池容量可以使 R8 e-tron 持续奔跑 451 千米。电池耗尽后最快可以在两小时内充满电。

新一代 R8 e-tron 的最大功率为 340 千瓦 (462 马力)，峰值转矩为 920 牛·米，0—100 千米 / 时的加速时间仅为 3.9 秒，极速被限制在 250 千米 / 时内。

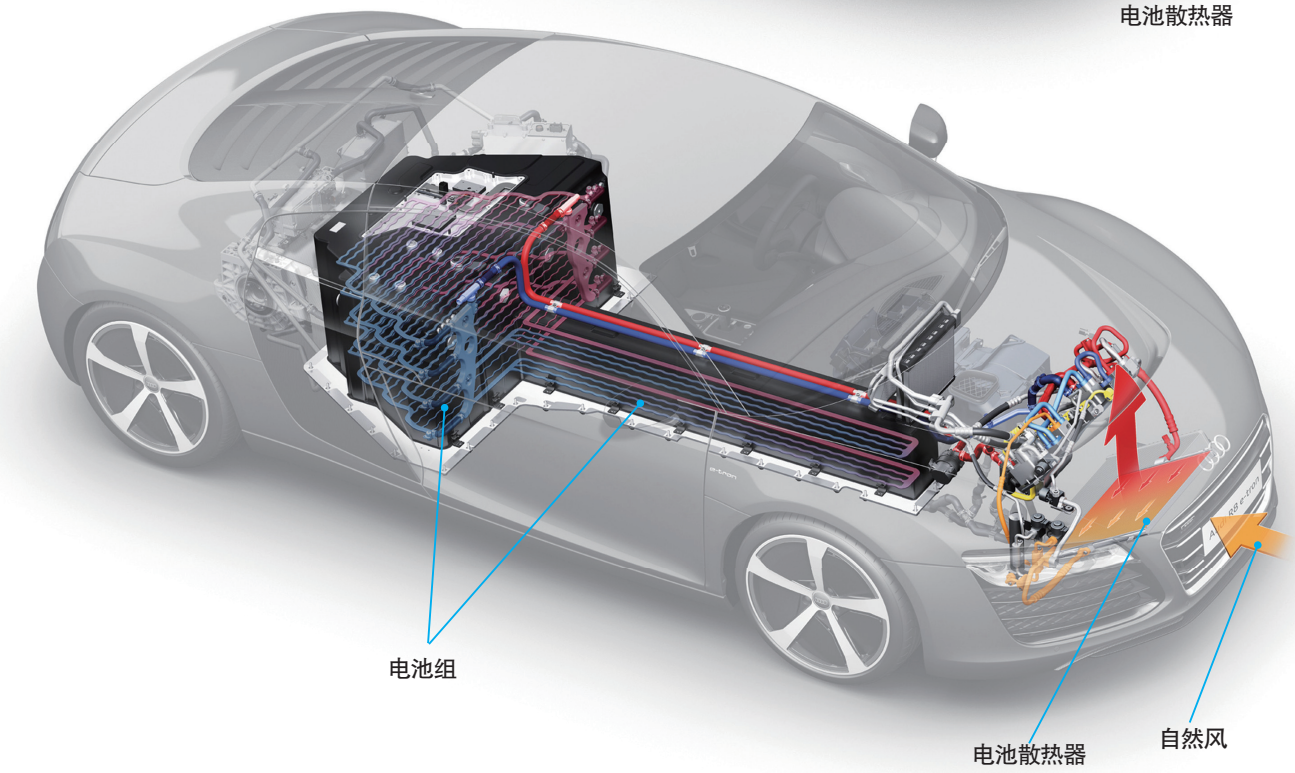
为了减小电池重量对车重的影响，新一代 R8 e-tron 大量采用碳纤维和铝等轻量化材料，整车仅重 1840 千克，同时铝制车身的抗扭强度则提高了 40%。另外，车身和车轮的空气动力表现也进一步改善，风阻系数控制在 0.28。

奥迪R8 e-tron构造图

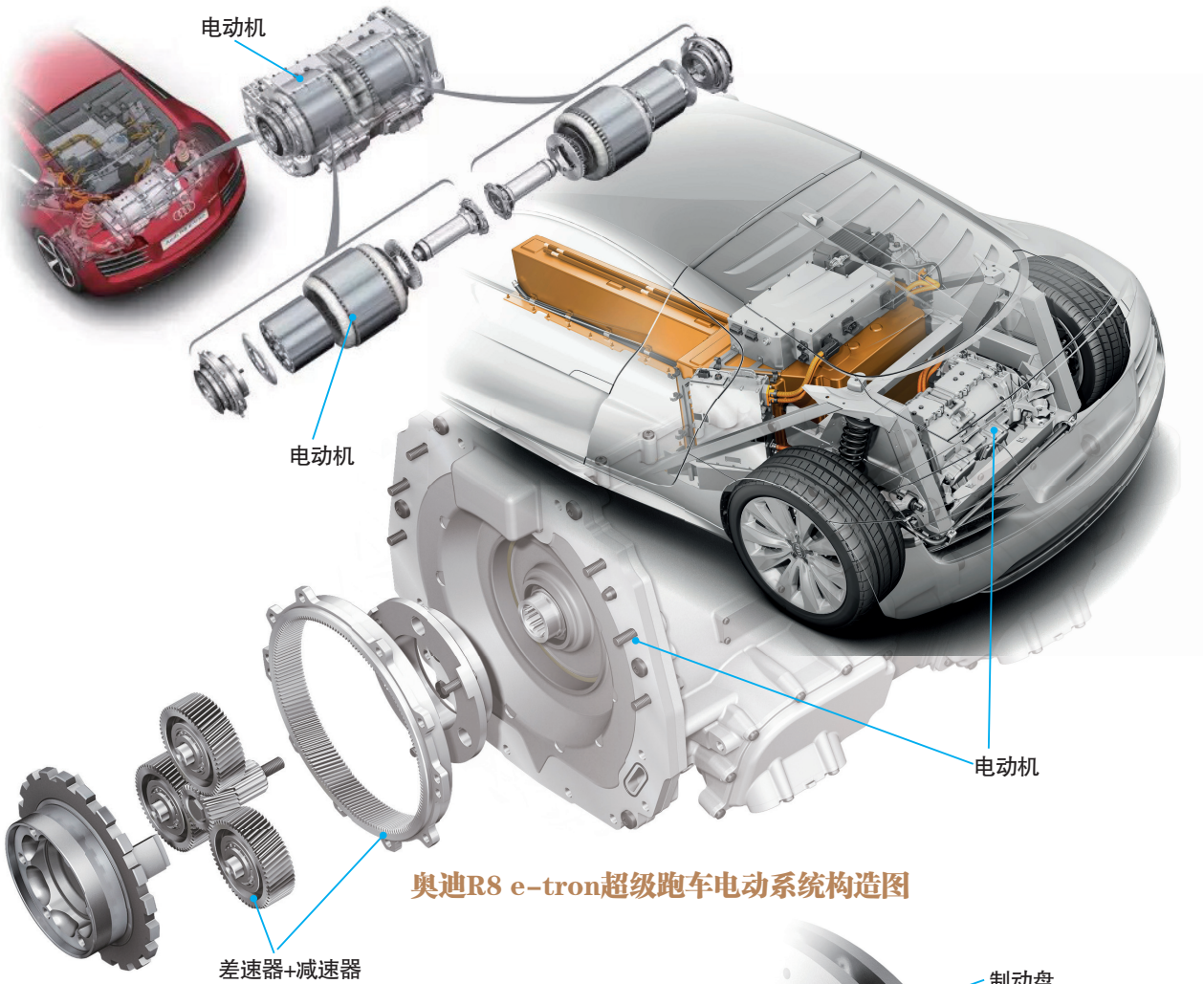
奥迪R8 e-tron锂电池组

奥迪 R8 e-tron 超级跑车构造图

奥迪R8 e-tron超级跑车构造图

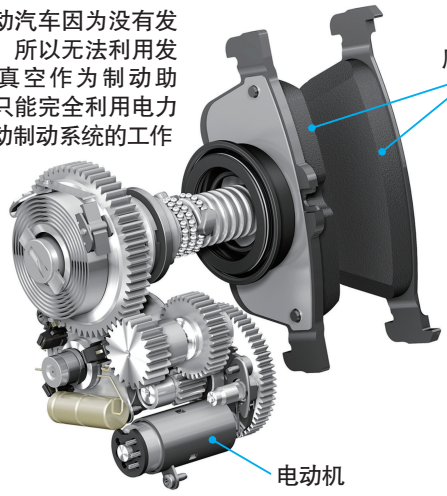


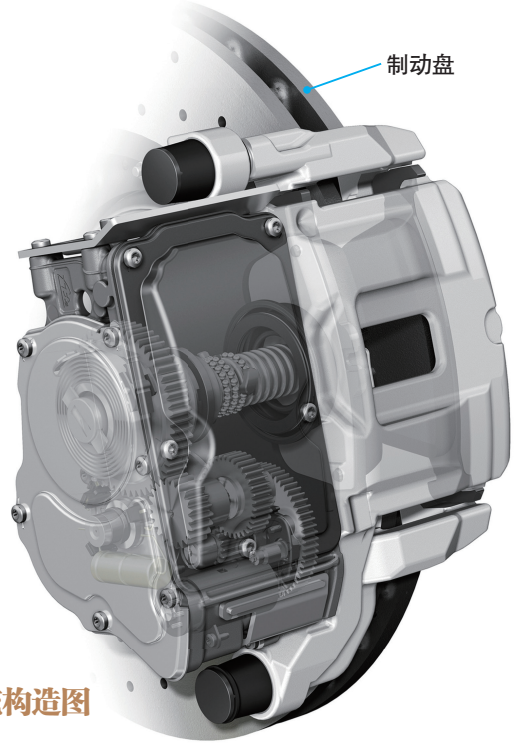
奥迪R8 e-tron锂电池组冷却系统



奥迪R8 e-tron超级跑车电动系统构造图

纯电动汽车因为没有发动机，所以无法利用发动机真空作为制动助力，只能完全利用电力来驱动制动系统的工作



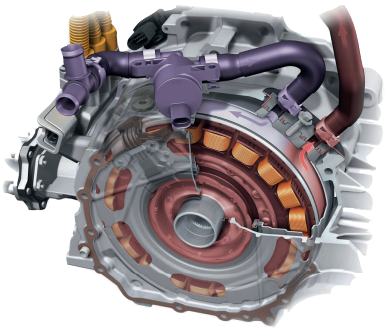


奥迪R8 e-tron超级跑车电动制动系统构造图

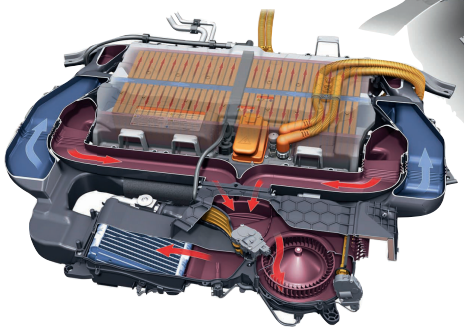
AUDI Q5 hybrid quattro
奥迪 Q5 混合动力

2011 年投放市场的奥迪 Q5 hybrid quattro 车型，是奥迪第一款采用双动力驱动方式的全混合动力汽车。它的电动机安装在发动机与变速器之间，电动机的最大输出功率可达 33 千瓦（45 马力）。奥迪 Q5 hybrid quattro 采用 38 千克重的锂蓄电池作为储存电能的装置，它由 72 个锂蓄电池包组成。在全电动机驱动状态下，奥迪 Q5 hybrid quattro 车型可以平均 60 千米 / 时的速度行驶 3 千米。奥迪 Q5 hybrid quattro 的发动机则是一台 2.0 TFSI 汽油发动机，最大功率可达 155 千瓦（211 马力）。最终电动机和发动机的综合总输出功率则可达 180 千瓦（245 马力），最大转矩为 480 牛·米。奥迪 Q5 hybrid quattro 的最高车速为 222 千米 / 时，而从静止到 100 千米 / 时加速可在 7.1 秒内完成，平均百千米燃油消耗低于 7 升。

奥迪Q5 混合动力车型



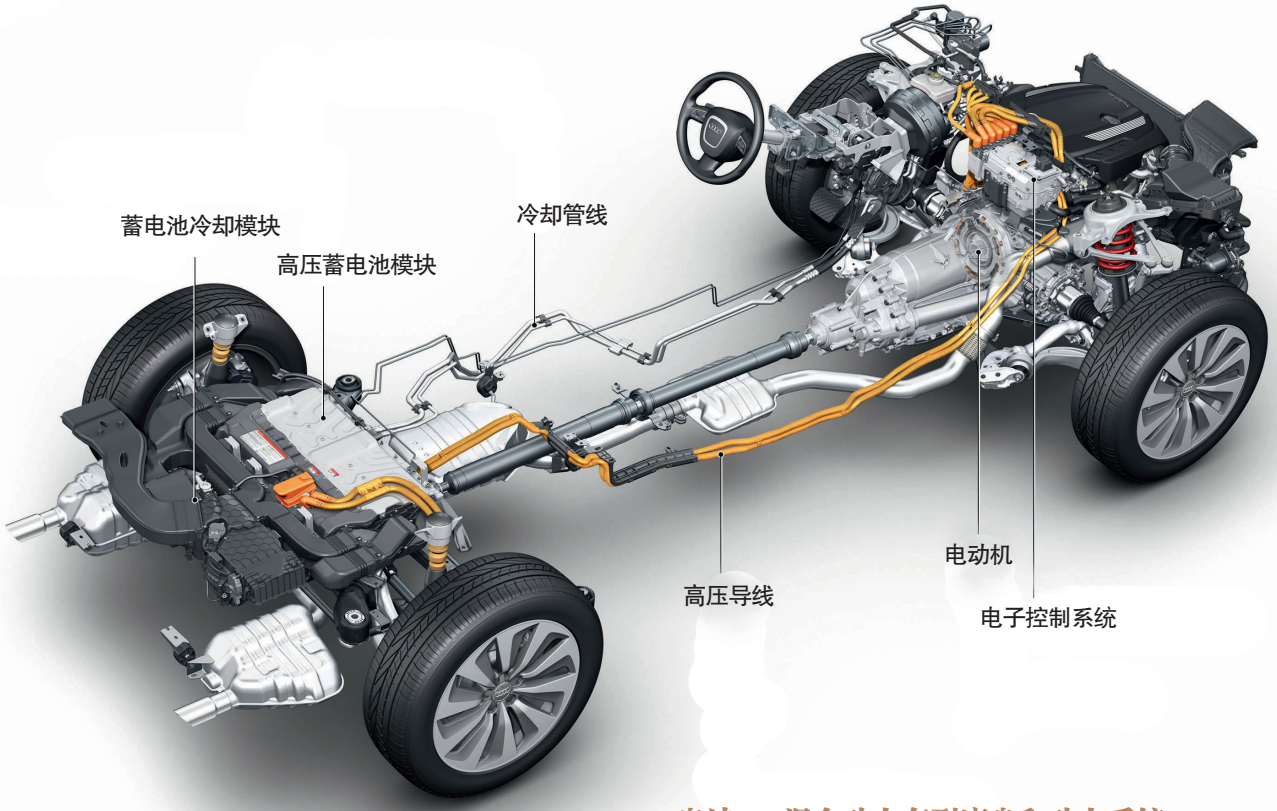
电动机的水冷却系统



高压蓄电池的冷却系统

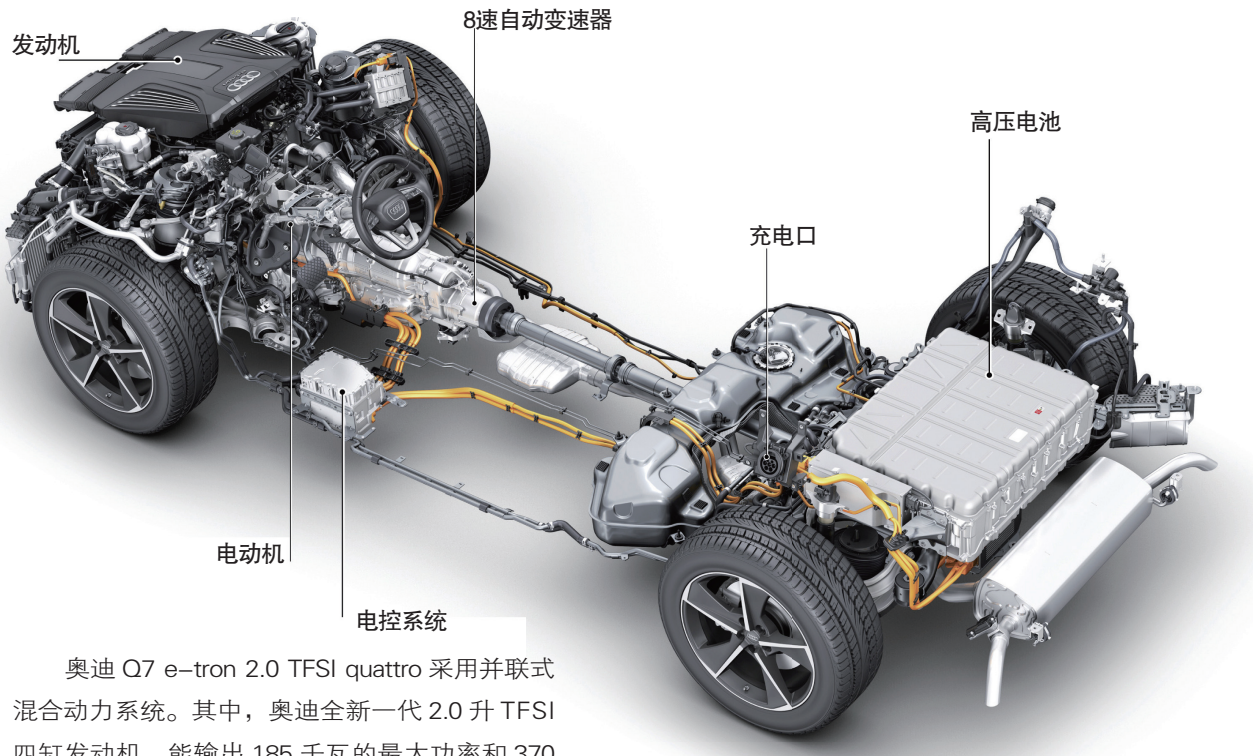
电子控制冷却系统

奥迪Q5 混合动力车型冷却部件



奥迪Q5 混合动力车型底盘和动力系统

AUDI Q7 e–tron quattro
奥迪 Q7 插电式混合动力



奥迪 Q7 e–tron 2.0 TFSI quattro 采用并联式混合动力系统。其中，奥迪全新一代 2.0 升 TFSI 四缸发动机，能输出 185 千瓦的最大功率和 370 牛·米的峰值转矩。集成在 8 速 tiptronic 变速器中的盘形电动机最大功率为 94 千瓦，峰值转矩高达 350 牛·米。

根据中国插电式混合动力车辆（PHEV）的测量标准，奥迪 Q7 e–tron 2.0 TFSI quattro 从静止加速到 100 千米 / 时仅为 5.9 秒，而百千米油耗仅为 2.5 升。根据国内 PHEV 测试标准，奥迪 Q7 e–tron 2.0 TFSI quattro 能以纯电动行驶 53 千米。如配合奥迪 TFSI 发动机协同工作，总续航里程可达 1020 千米。

奥迪 Q7 e–tron 2.0 TFSI quattro 提供四种驾驶模式。其中，在纯电动模式下，车辆将优先采用电力驱动车辆；在混合模式下，混合动力管理系统在大部分情况下自主决定采用电动机或发动机来驱动车辆；在电池保持模式下，系统会尽量将电能保持在一定的范围内；在充电模式下，系统将为电池充电。

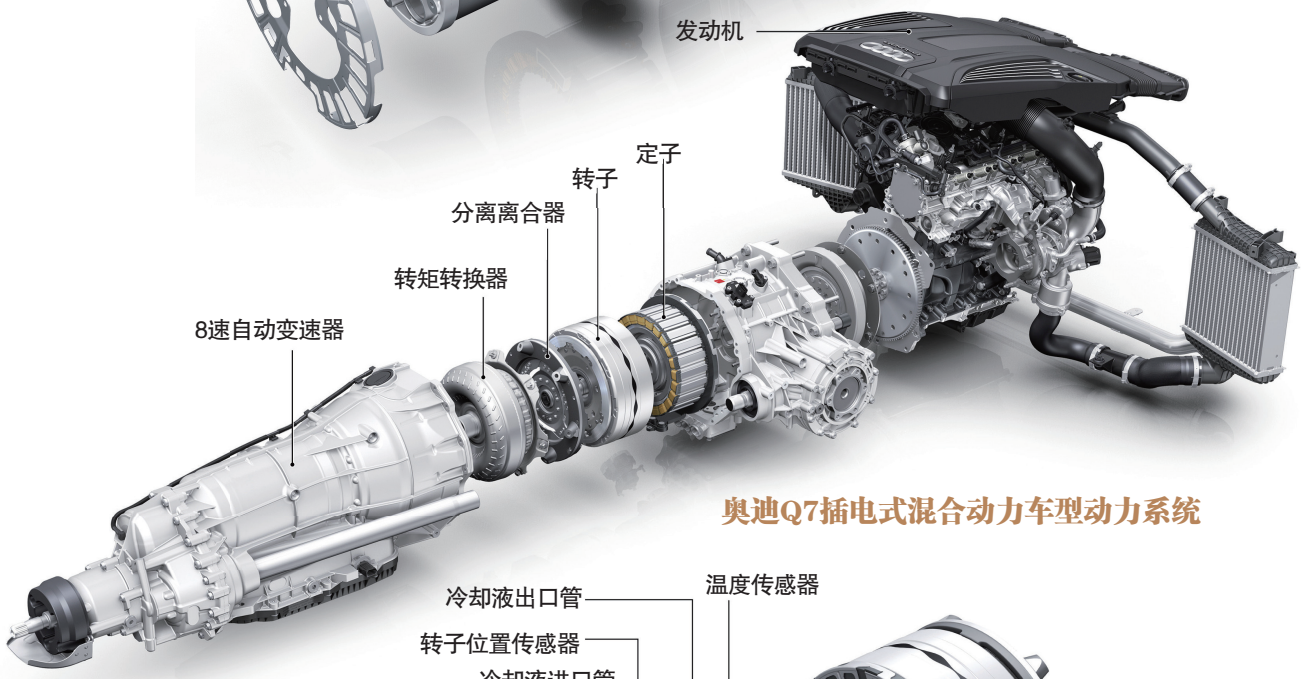
在日常纯电动模式行驶过程中，驾驶人只需将主动式加速踏板踩到一定深度，即可起动 TFSI 发动机。若想使发动机与电动机同时工作，仅需将加速踏板踩至最深处的触发点，即可激活油电混合驱动模式。

在混合动力模式下，当变速杆置于 D 位时，在驾驶人松开加速踏板的瞬间，车辆会自动转换到“滑行”模式，此时 TFSI 发动机和电动机会同时停止运行，并会在加速踏板被踩压后，重新起动工作。

当位于 S 位和充电模式时，系统会在驾驶人松开加速踏板后进行能量回收。驾驶人可通过方向盘上的换档拨片调节能量回收的水平。

不同于传统车型的是，在日常驾驶中，该车绝大部分的制动操作都是通过电动机来完成的，而非制动盘，只有在驾驶人深度制动或紧急制动时，才会起动液压制动器进行制动。

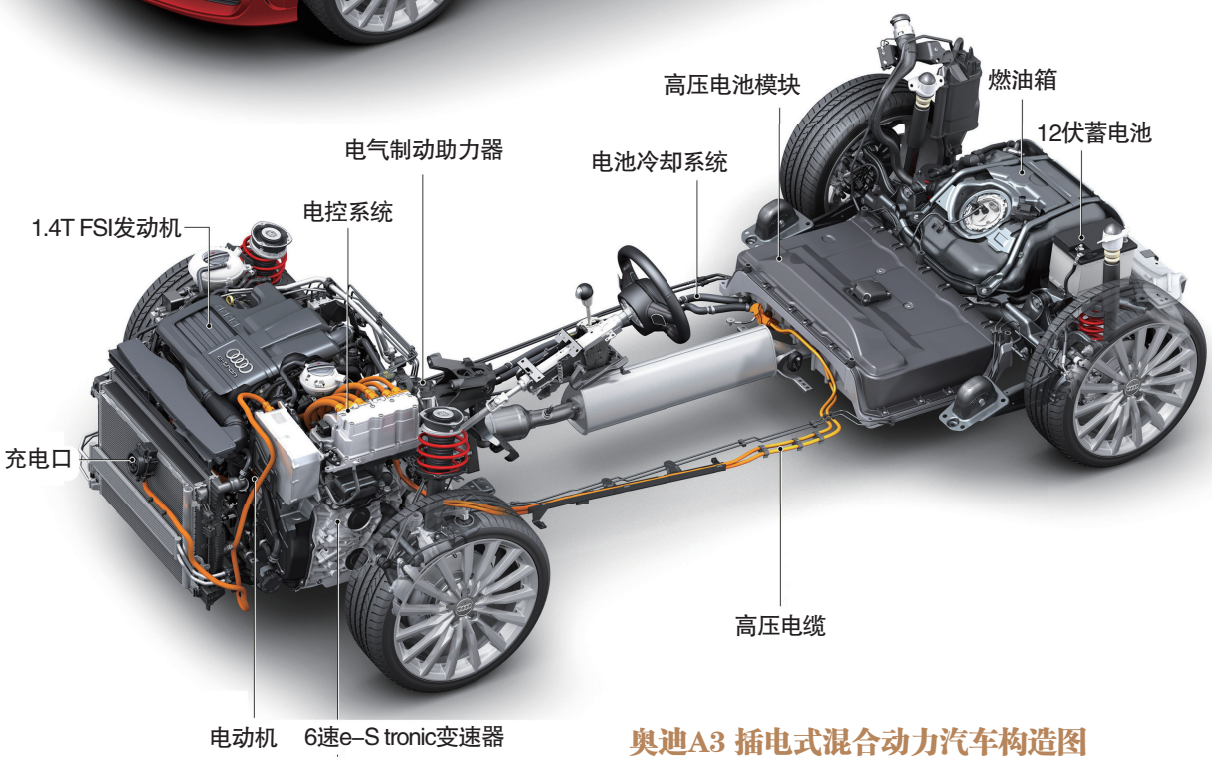
电动机构造图



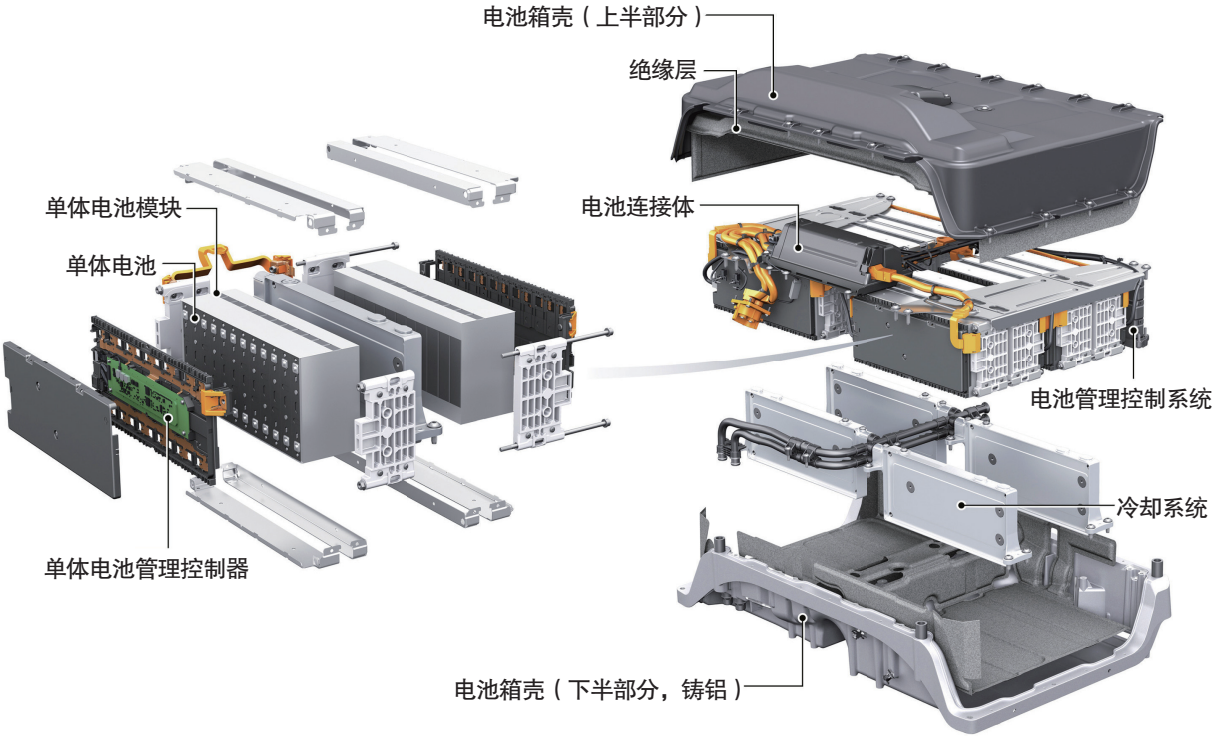
奥迪Q7插电式混合动力车型动力系统

奥迪Q7插电式混合动力车型驱动系统

AUDI A3 Sportback e–tron
奥迪 A3 Sportback e–tron
插电式混合动力汽车



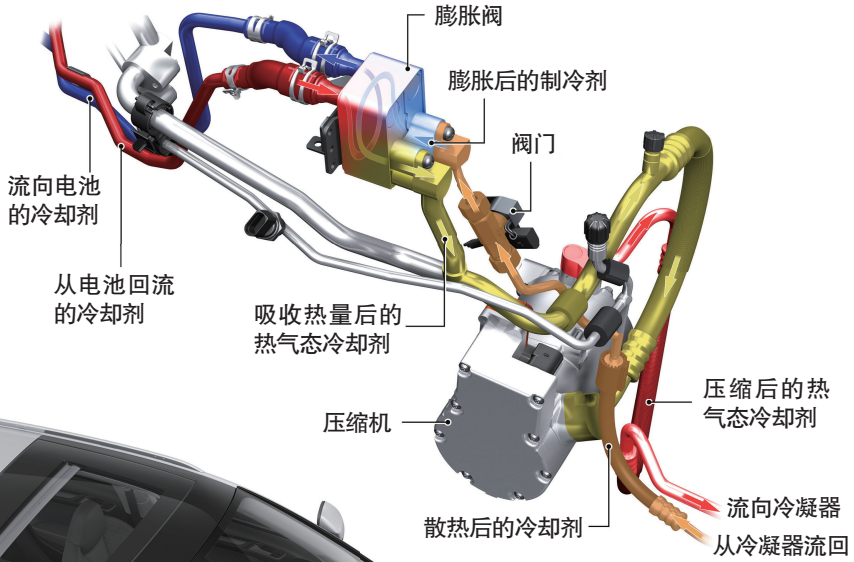
奥迪A3 插电式混合动力汽车构造图



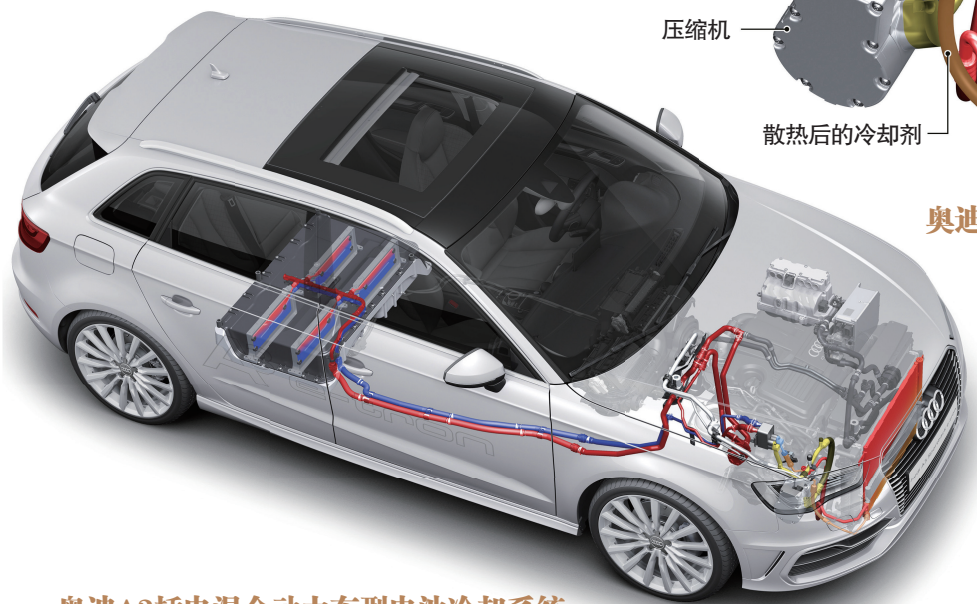
奥迪A3 插电式混合动力汽车电池系统

奥迪A3 插电式混合动力汽车混合动力系统

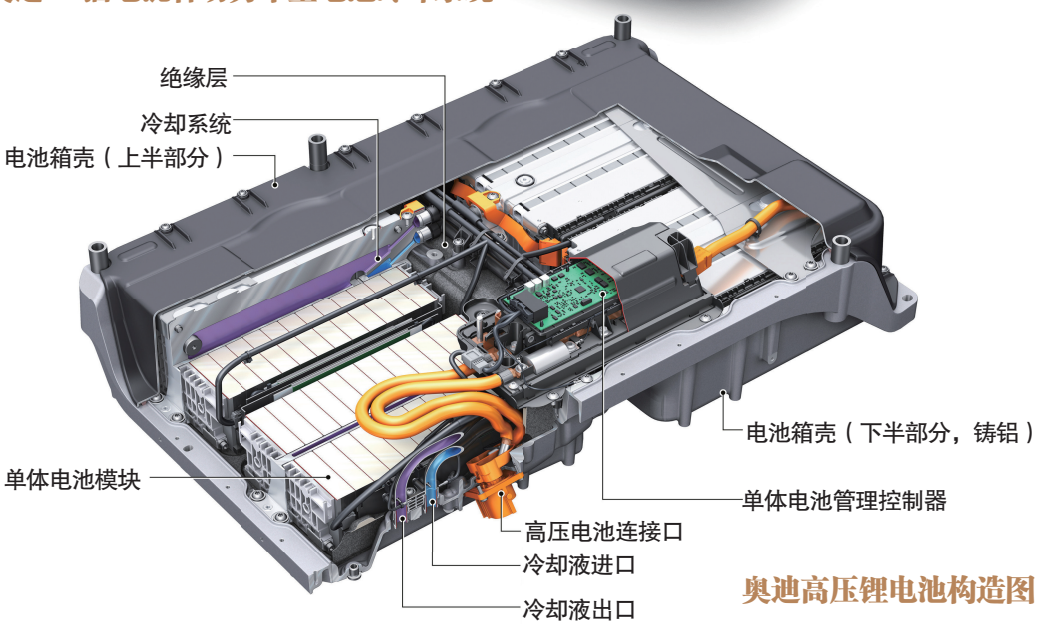
奥迪 A3 插电混合动力车型电池冷却系统



奥迪锂电池冷却系统



奥迪A3插电混合动力车型电池冷却系统



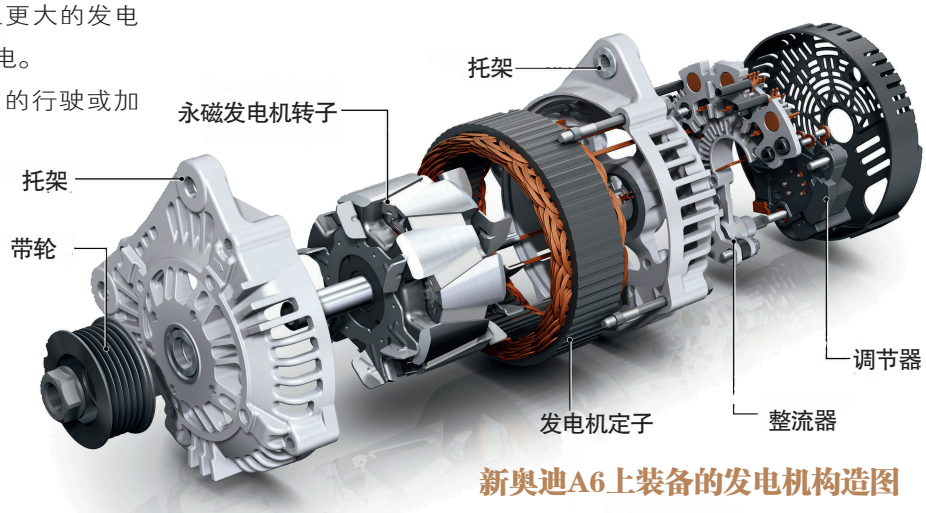
奥迪高压锂电池构造图

Intelligent Charge
智能化充电管理

在行驶过程中，每当驾驶人松开加速踏板或者踩下制动踏板时，智能化充电管理系统就会立刻增加发电机的工作负荷，使发电机产生更大的发电功率并为蓄电池充电。

反之，在正常的行驶或加速过程中，系统会大幅降低发动机对发电机的功率输出，也就是减小发电机的工作负荷，而汽车的电力消耗也转由蓄电池提供，此举能够使发动机最大限度地用于车辆驱动。此外，发电机的冷却方式也从风冷改为更加节能的水冷。

现在这种智能化充电系统已在新奥迪 A8、新 A6 等车型上采用。这项改进可以每百千米节省约 0.1 升的燃油。

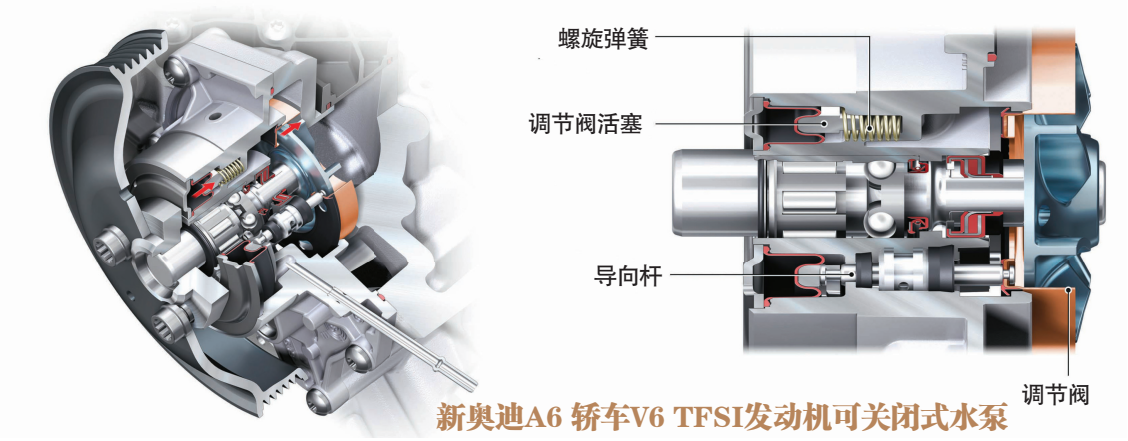


新奥迪A6上装备的发电机构造图

Switchable Water Pump
可关闭式水泵

在很多情况下人们开车只是短途驾驶，因此智能化冷起动和预热程序具有重要意义。在冷起动的预热阶段，可以将发动机冷却水泵关闭，避免冷却液循环，从而降低热量流失，这样机油就会迅速上升到运行温度，大大减小摩擦损失。

包括可关闭式水泵在内的奥迪热管理技术，可以使汽车油耗降低约 3%，而对于新奥迪 A6 来讲，每百千米可以节省燃油 0.1 升。



新奥迪A6 轿车V6 TFSI发动机可关闭式水泵

Chapter 8 BODY&SUSPENSION

第八章 车身和悬架

想了解悬架的分类吗？想知道什么样的悬架适合配备在什么样的车型上吗？请从奥迪 A1 一直看到 A8，再到 TT、R8 等。你可以看到你知道的和不知道的几乎所有的悬架类型，从扭转梁到空气弹簧，从多连杆到电磁减振器。这一章内容就是典型的悬架教科书。

Audi A1
奥迪 A1 车型

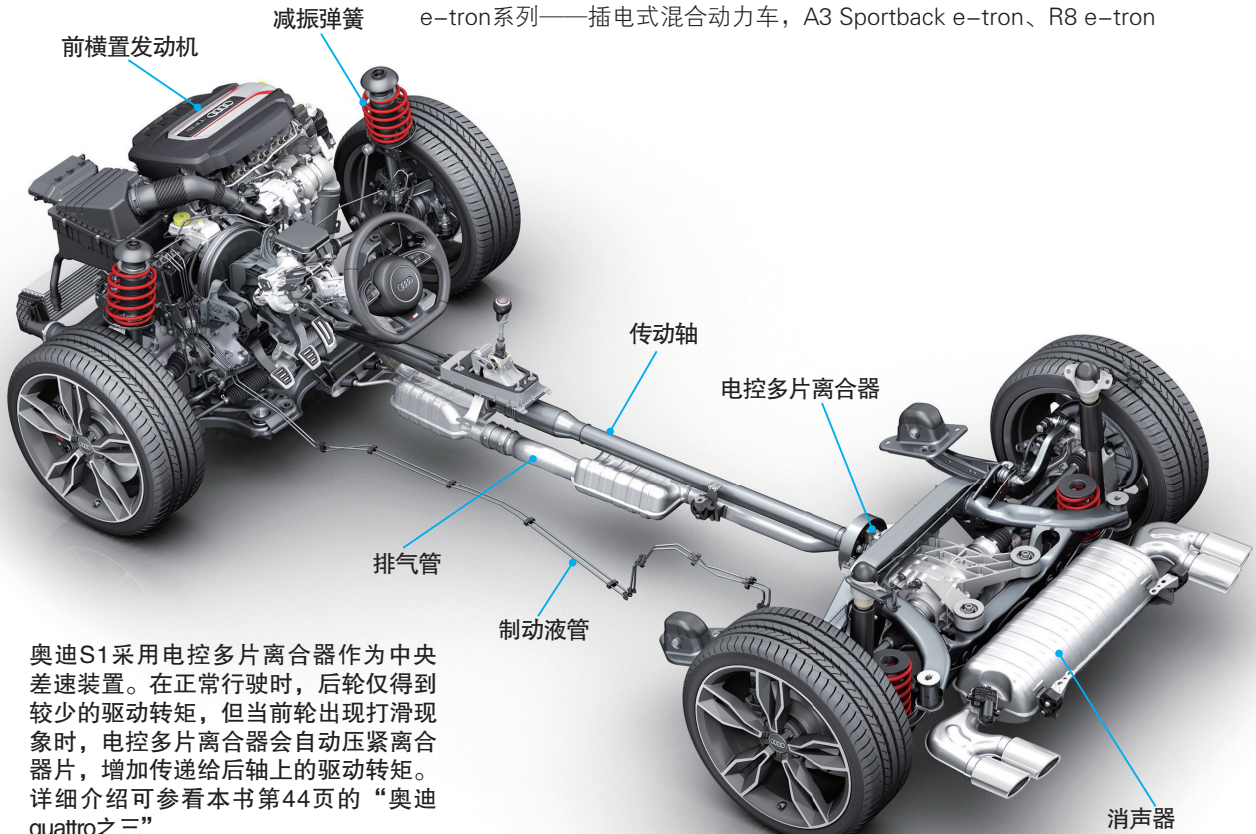
奥迪A1车型构造图

奥迪A1车型底盘构造

奥迪S1车型构造图

奥迪汽车编号

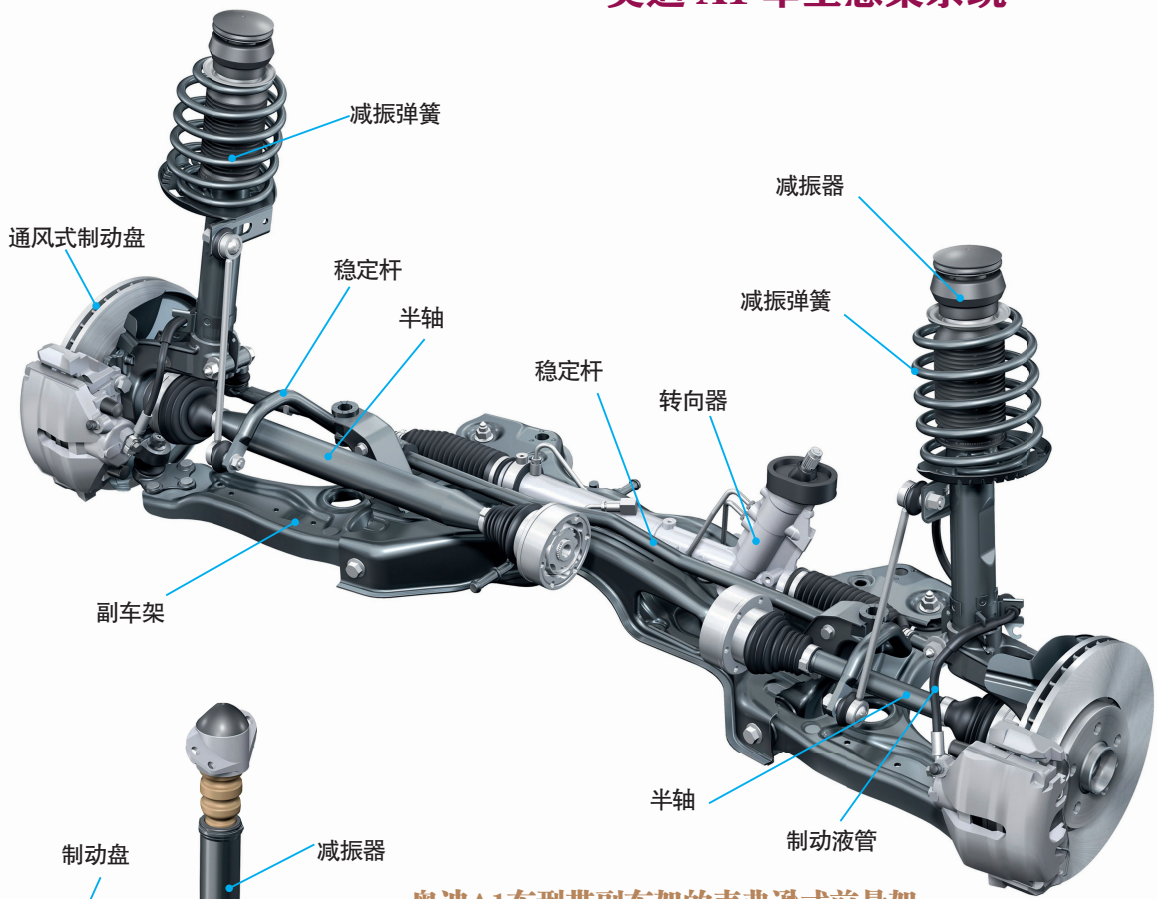
A系列——轿车，A1、A3、A4、A5、A6、A7、A8
S系列——运动车，S1、S3、S4、S5、S6、S7、S8
RS系列——高性能运动车，RS3、RS5、RS6、RS7、RS Q3
Q系列——SUV车型，Q3、Q5、Q7
TT系列——跑车，TT 、TTS
R系列——超级跑车，R8、R8 Spyder、R8 GT
e-tron系列——插电式混合动力车，A3 Sportback e-tron、R8 e-tron



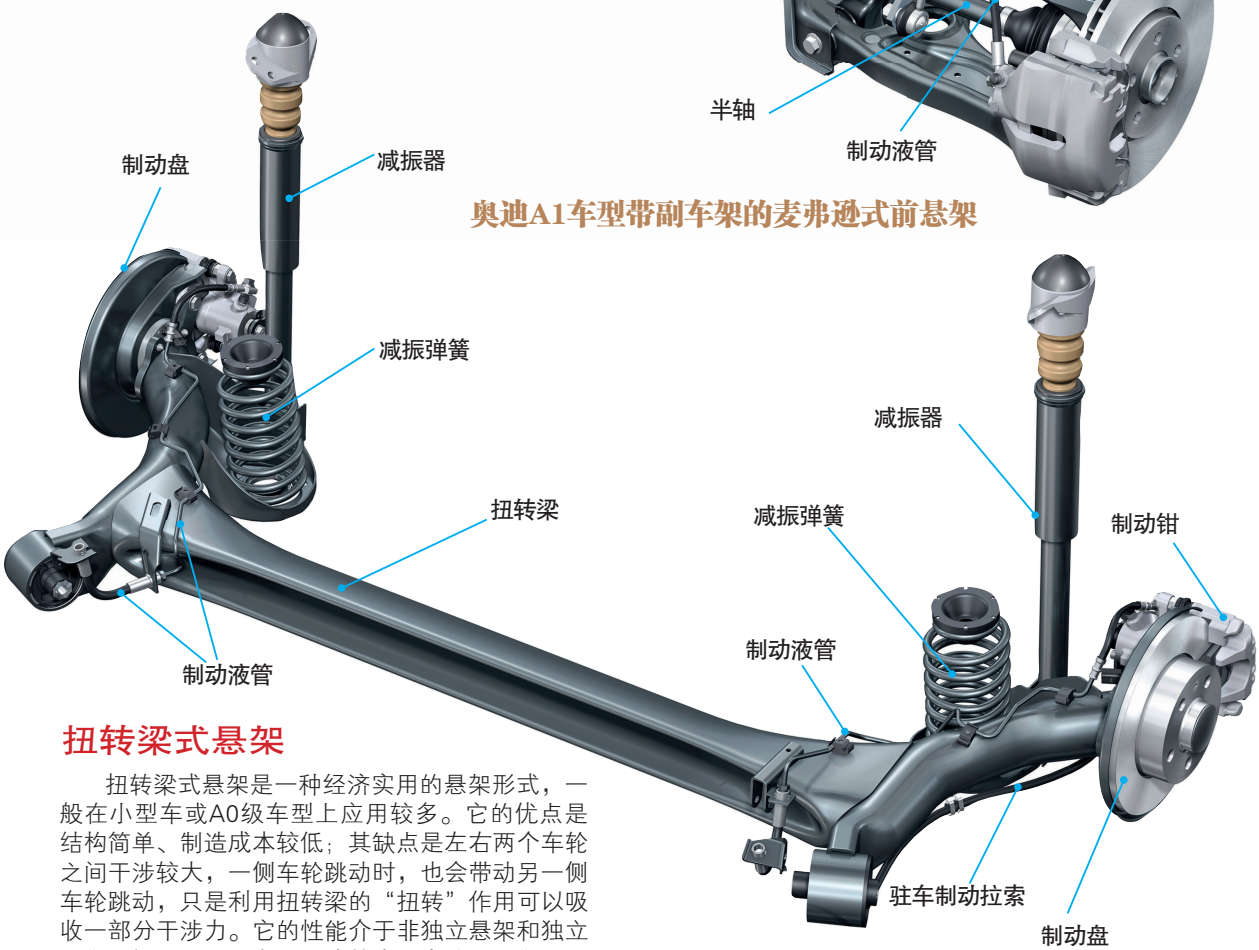
奥迪S1采用电控多片离合器作为中央差速装置。在正常行驶时，后轮仅得到较少的驱动转矩，但当前轮出现打滑现象时，电控多片离合器会自动压紧离合器片，增加传递给后轴上的驱动转矩。详细介绍可参看本书第44页的“奥迪quattro之三”

奥迪S1四驱车型传动系统构造图

奥迪 A1 车型悬架系统



奥迪A1车型带副车架的麦弗逊式前悬架

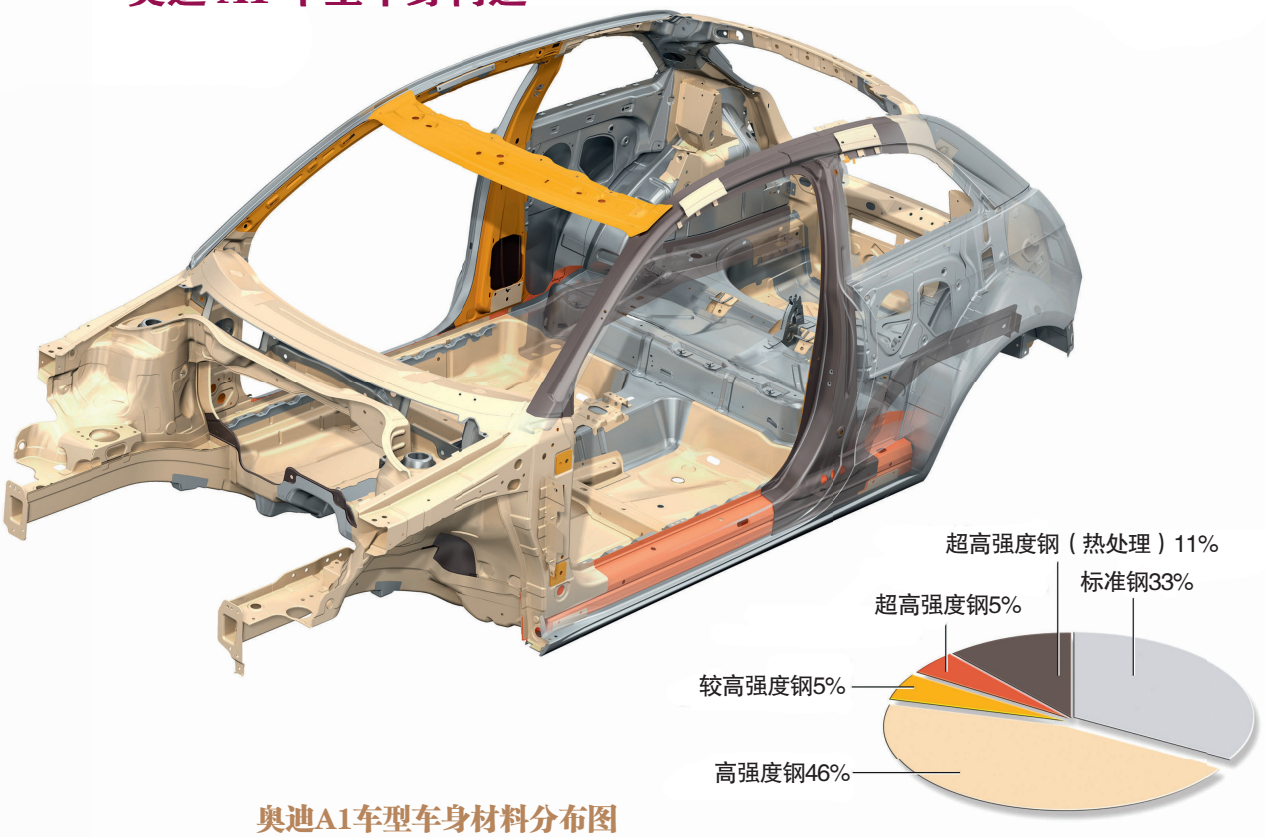


奥迪A1车型扭转梁式后悬架

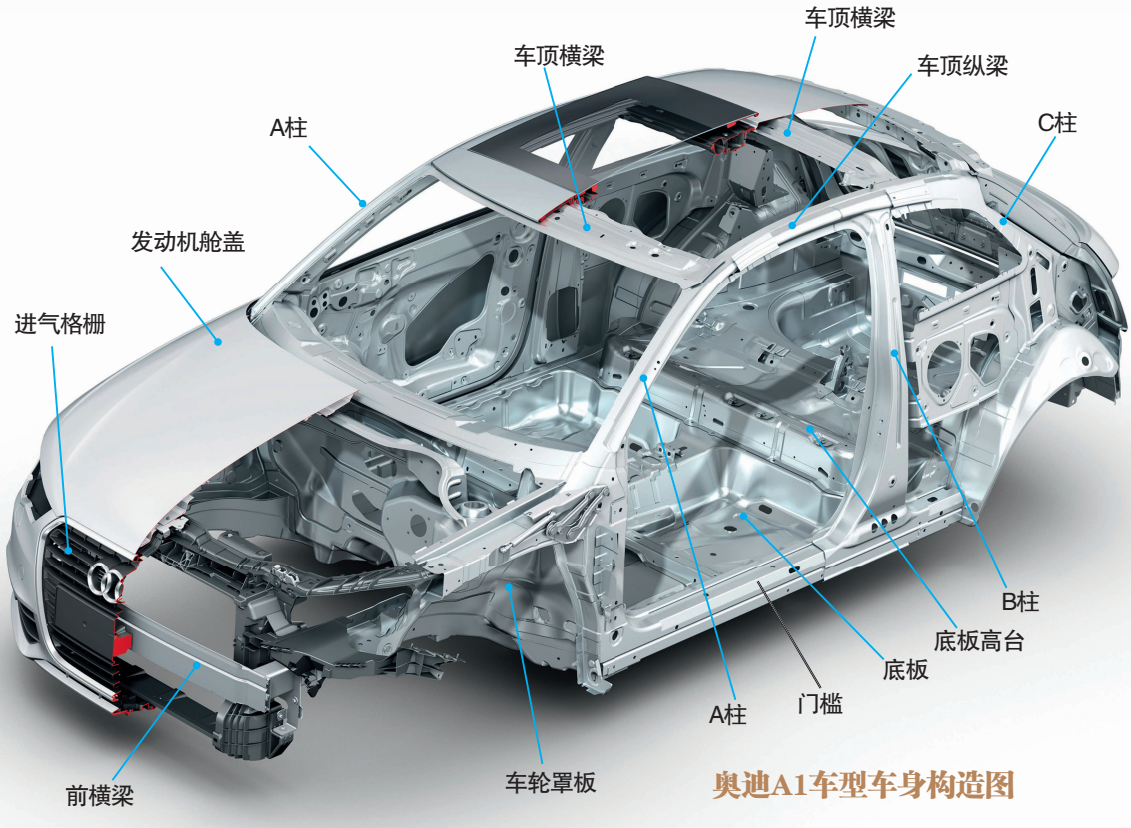
扭转梁式悬架

扭转梁式悬架是一种经济实用的悬架形式，一般在小型车或A0级车型上应用较多。它的优点是结构简单、制造成本较低；其缺点是左右两个车轮之间干涉较大，一侧车轮跳动时，也会带动另一侧车轮跳动，只是利用扭转梁的“扭转”作用可以吸收一部分干涉力。它的性能介于非独立悬架和独立悬架之间，因此，有人又称其为“半独立悬架”。

奥迪 A1 车型车身构造



奥迪A1车型车身材料分布图

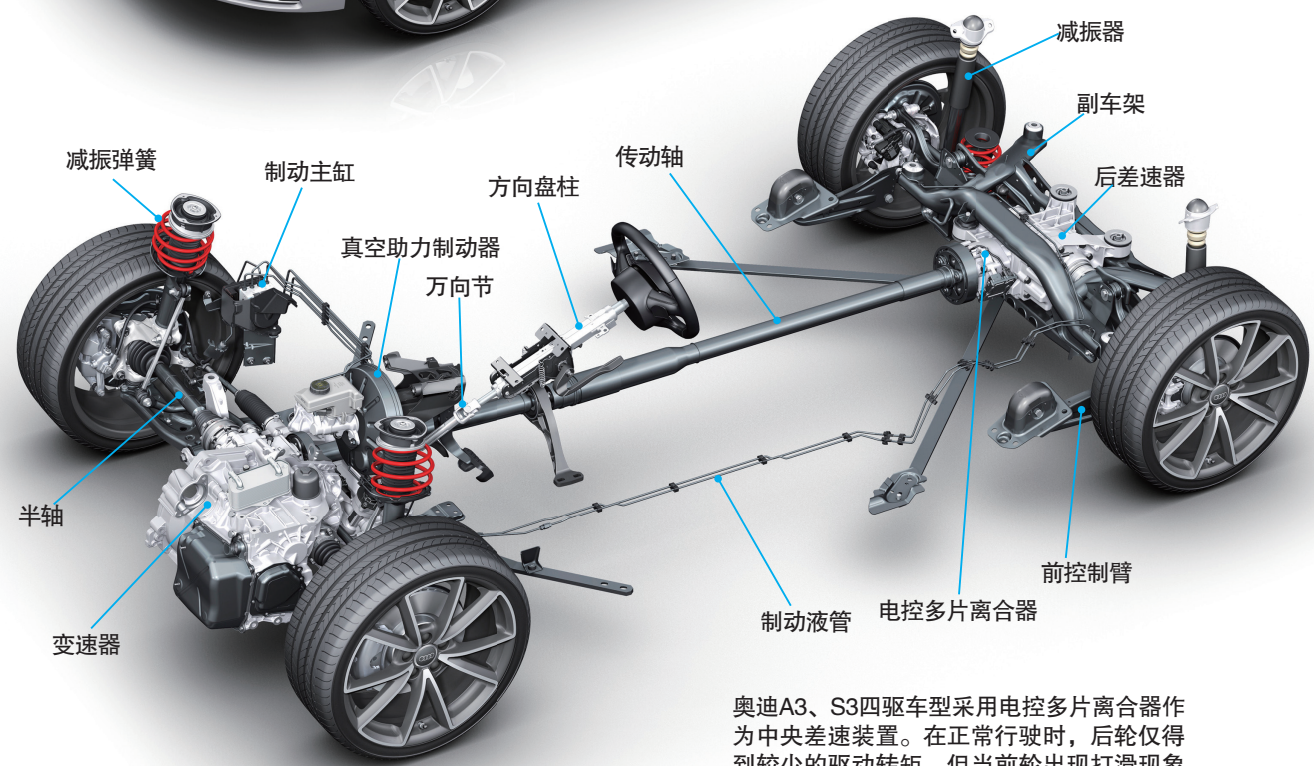


奥迪A1车型车身构造图

Audi A3 Cabriolet

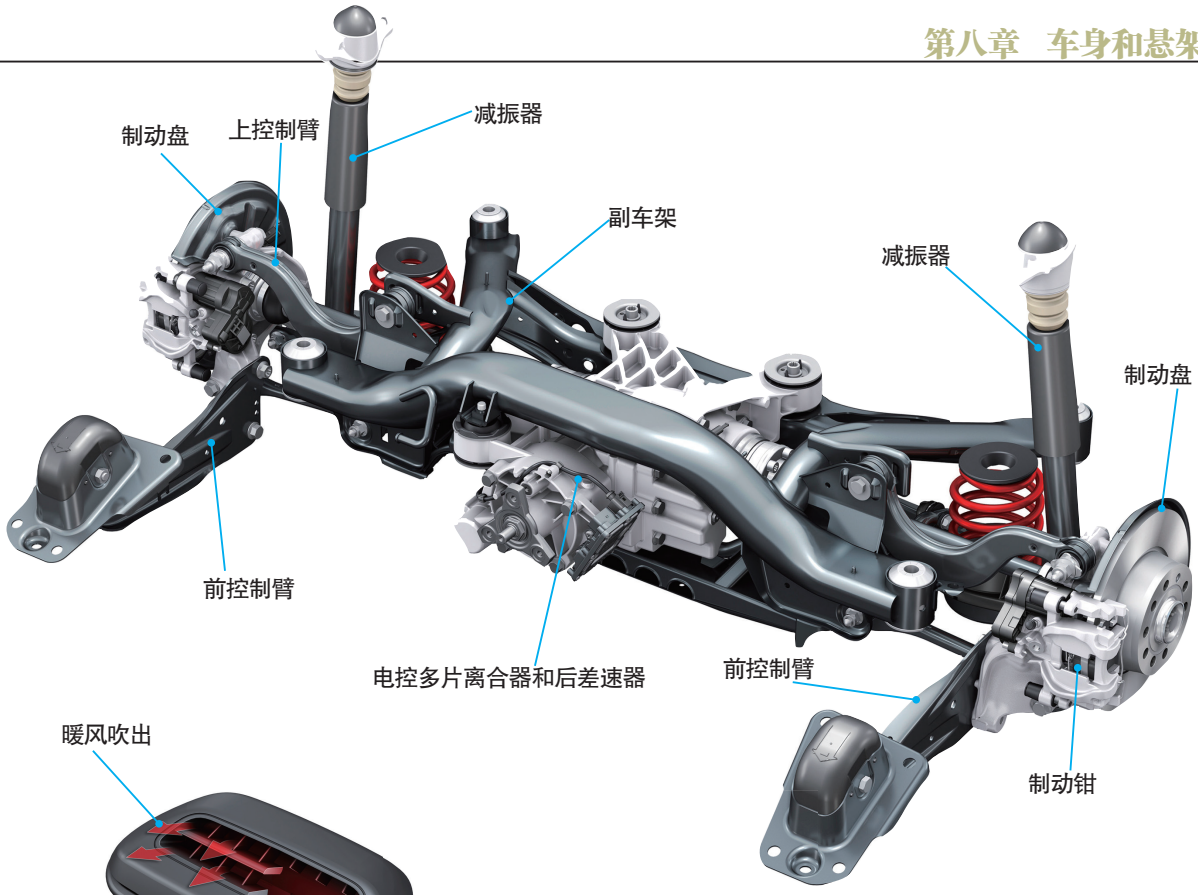
奥迪 A3 敞篷车型

奥迪A3四驱车型构造图



奥迪A3四驱车型悬架构造图

奥迪A3、S3四驱车型采用电控多片离合器作为中央差速装置。在正常行驶时，后轮仅得到较少的驱动转矩，但当前轮出现打滑现象时，电控多片离合器会自动压紧离合器片，增加传递给后轴上的驱动转矩。详细介绍可参看本书第44页的“奥迪quattro之三”



奥迪A3四驱车型多连杆后悬架构造图

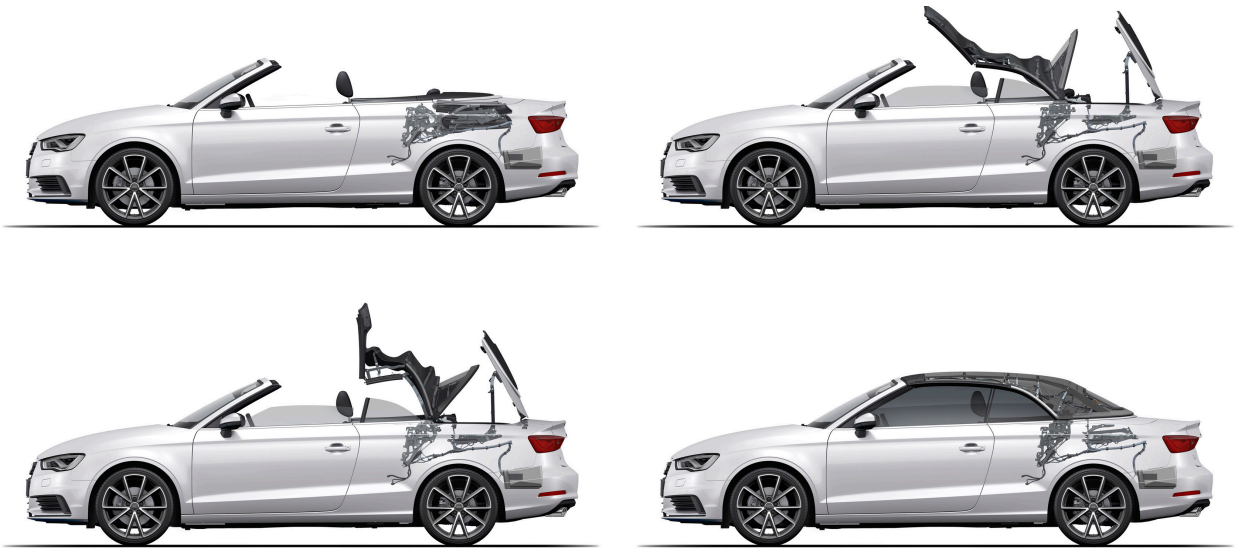
带暖风功能的前排座椅构造图

Cabriolet

Cabriolet 一词源自法语（可简写为 Cabrio）。汽车被发明之前，欧洲一种轻型的开放式马车被称为 Cabriolet，后来该词指拥有活动软顶的轿车。

而在美国，这种活动软顶轿车称为 Convertible。现在这种车型越来越多地采用金属硬顶车篷。为了区别于 Roadster，现在一般把两排座的敞篷轿车称为 Convertible 或 Cabriolet。

奥迪 A3 敞篷车型车身构造

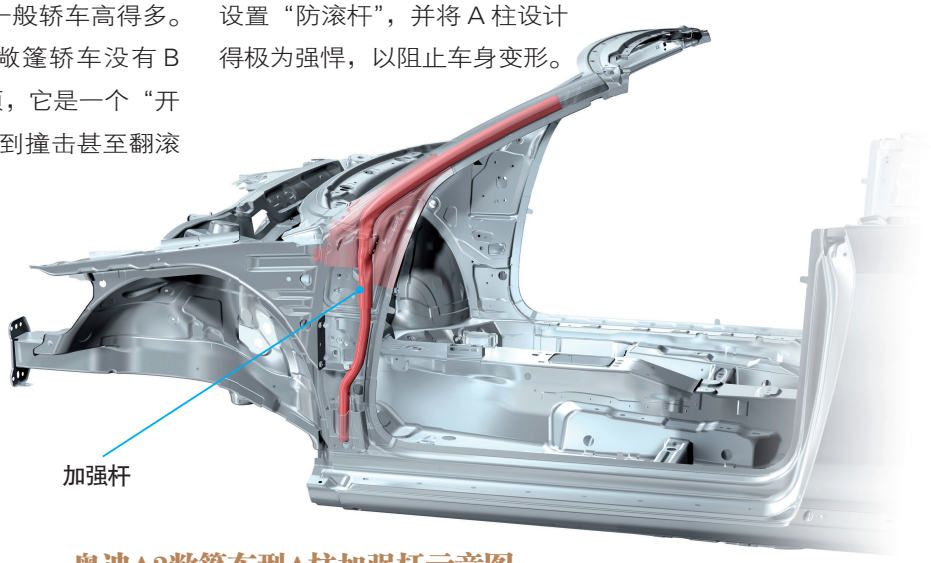


奥迪A3敞篷车型敞篷开闭过程示意图

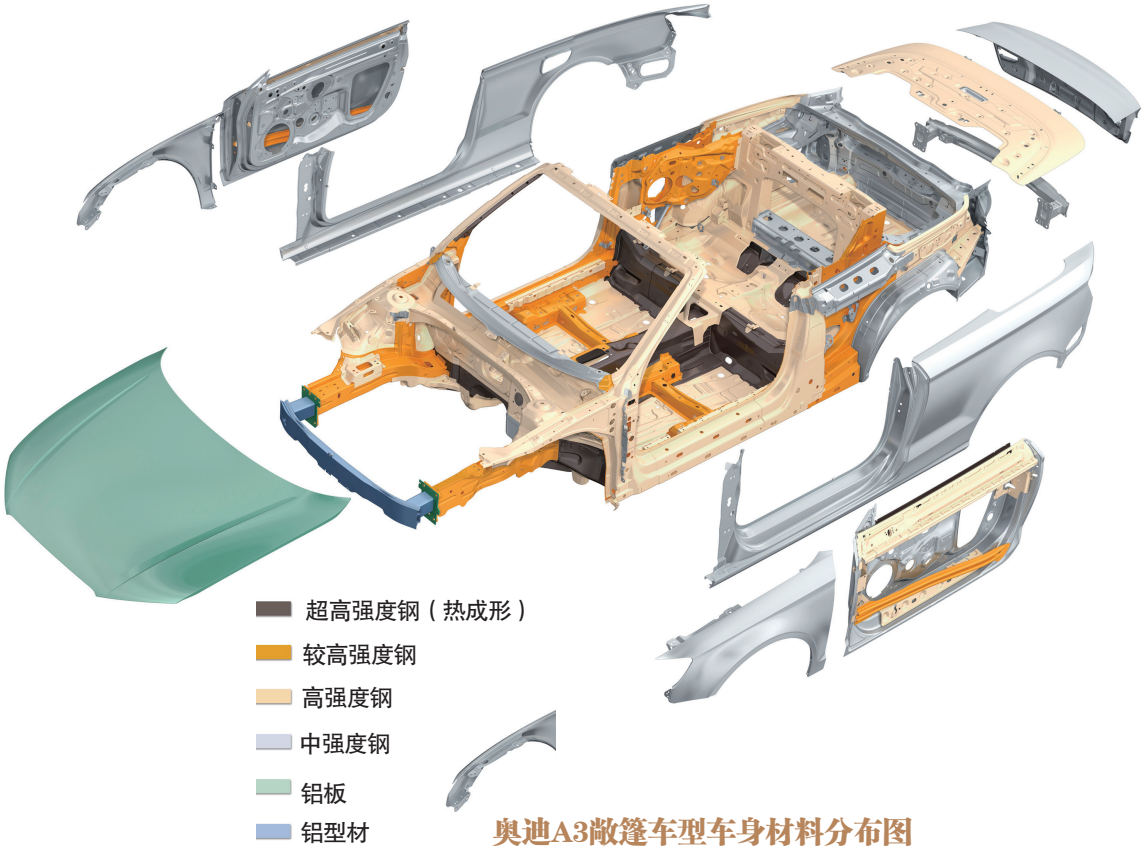
奥迪A3敞篷车型敞篷自动开闭功能构造图

敞篷轿车安全吗？

敞篷轿车看着风光，开着也爽快，但它有个致命的弱点——安全性！并不是说敞篷轿车不安全，而是说它的安全设计难度要比一般轿车高得多。其主要原因是敞篷轿车没有B柱、C柱和车顶，它是一个“开口盒子”，当受到撞击甚至翻滚时，“开口盒子”比封闭式盒子更容易变形，因为它们四壁相互支撑的作用较小。因此，敞篷轿车都要在驾乘人员头枕部设置“防滚杆”，并将A柱设计得极为强悍，以阻止车身变形。



奥迪A3敞篷车型A柱加强杆示意图

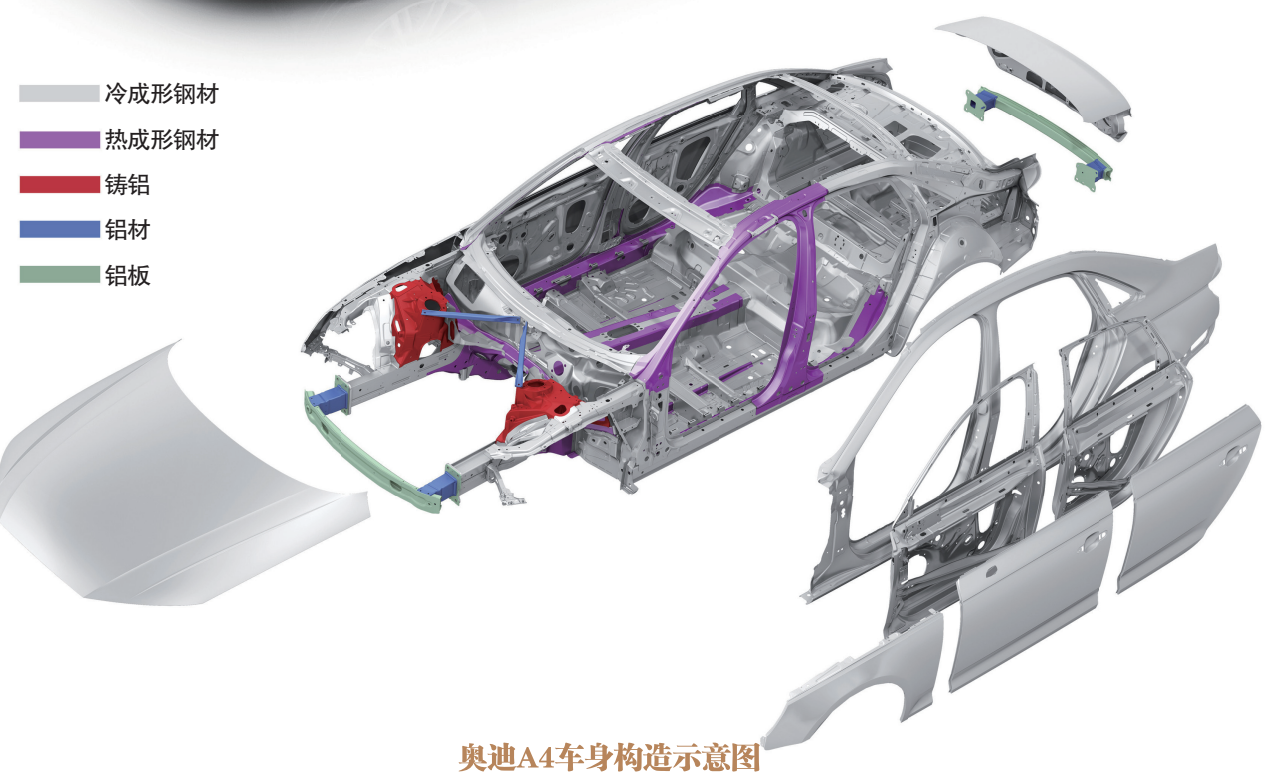


奥迪A3敞篷车型车身材料分布图

Audi A4

奥迪 A4 车型

奥迪A4轿车构造



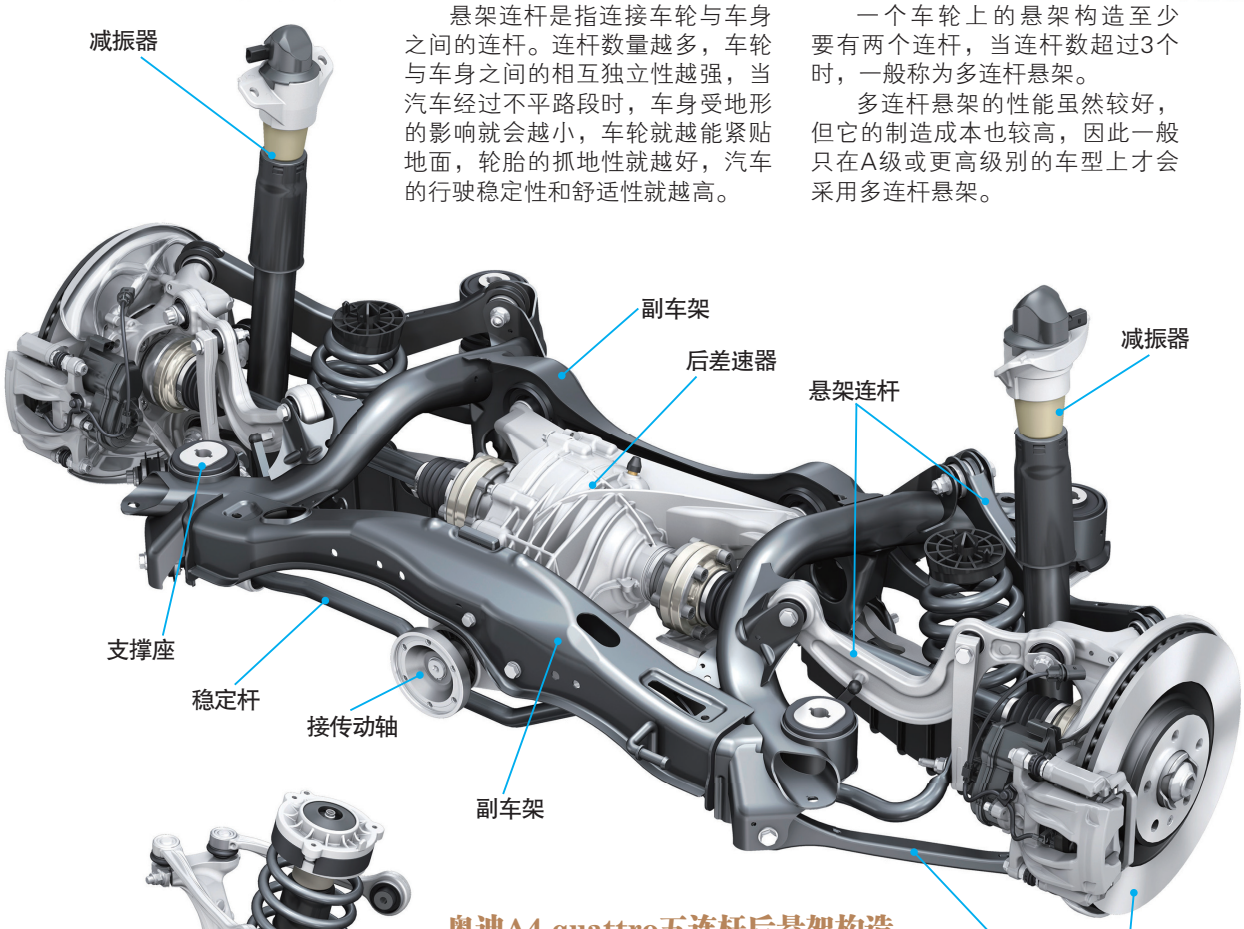
奥迪A4车身构造示意图

悬架连杆

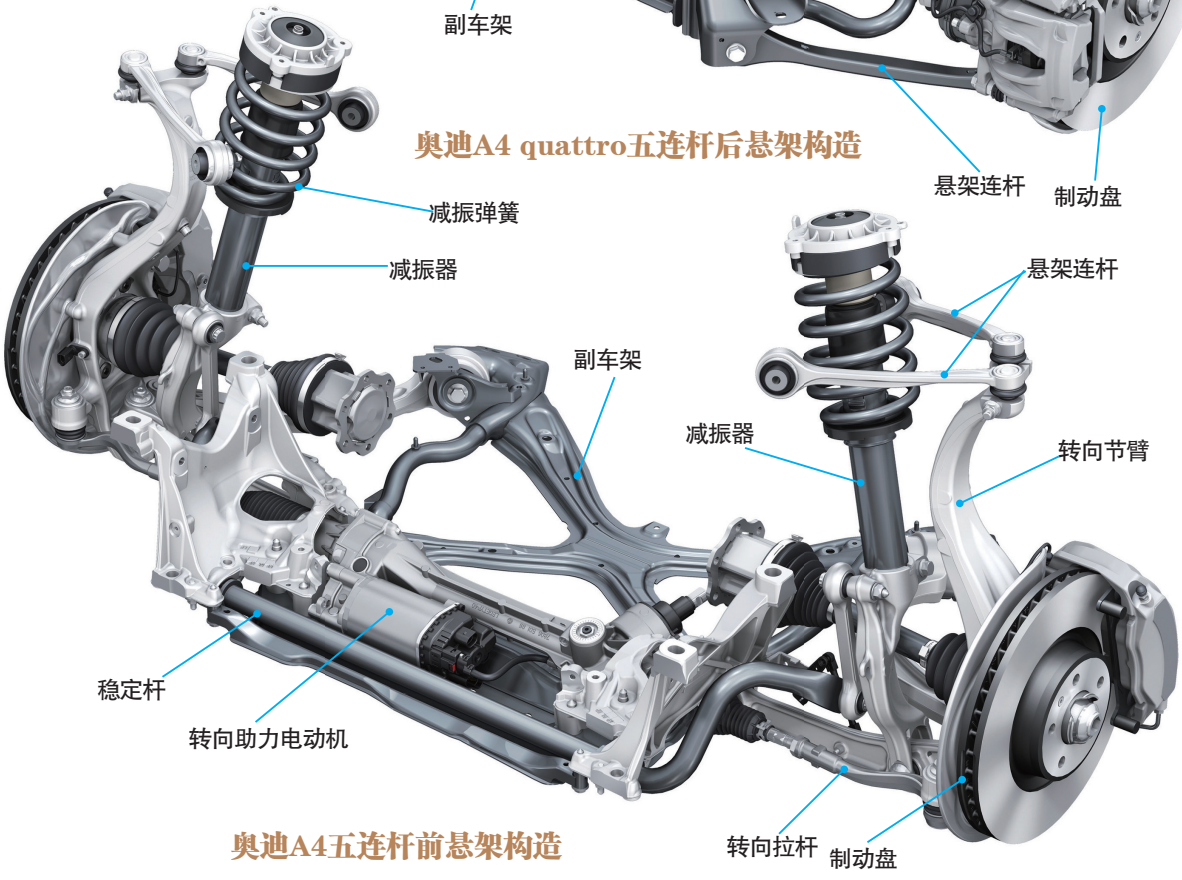
悬架连杆是指连接车轮与车身之间的连杆。连杆数量越多，车轮与车身之间的相互独立性越强，当汽车经过不平路段时，车身受地形的影响就会越小，车轮就越能紧贴地面，轮胎的抓地性就越好，汽车的行驶稳定性和舒适性就越高。

一个车轮上的悬架构造至少要有两个连杆，当连杆数超过3个时，一般称为多连杆悬架。

多连杆悬架的性能虽然较好，但它的制造成本也较高，因此一般只在A级或更高级别的车型上才会采用多连杆悬架。



奥迪A4 quattro五连杆后悬架构造



奥迪A4五连杆前悬架构造

Audi A5 Sportback

奥迪 A5 Sportback

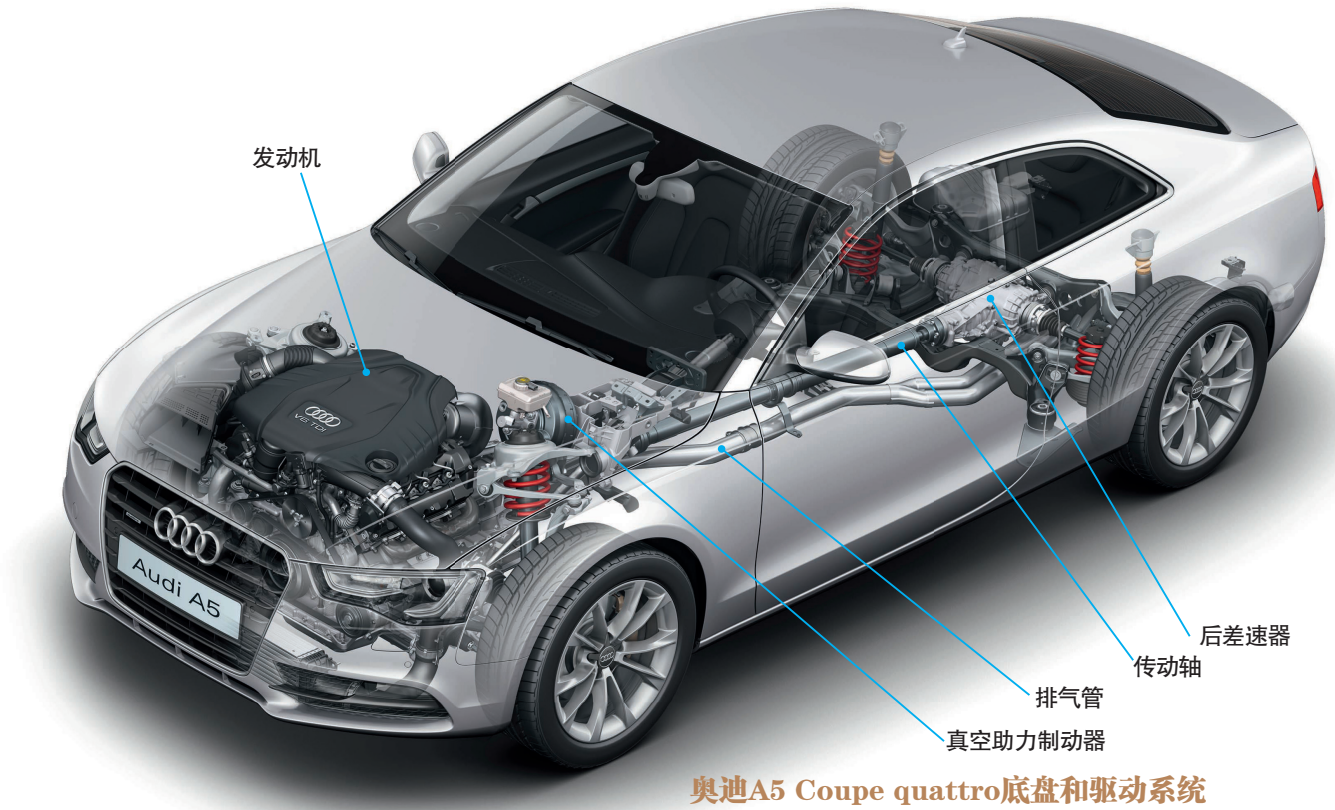
奥迪A5 Sportback构造图

Sportback

Sportback的原意是指“掀背运动型”，也就是说这种车型的行李箱盖和后风窗整合在一起。当打开行李箱时，整个后背都被掀开，开口非常大。这种车型的最大特点是后背造型非常流线，富有动感，像是轿跑车一般。

奥迪A系轿车中单数编号的车型就是以这种造型设计为主，如A3 Sportback、A5 Sportback、A7 Sportback。

奥迪A5 Sportback底盘和驱动系统

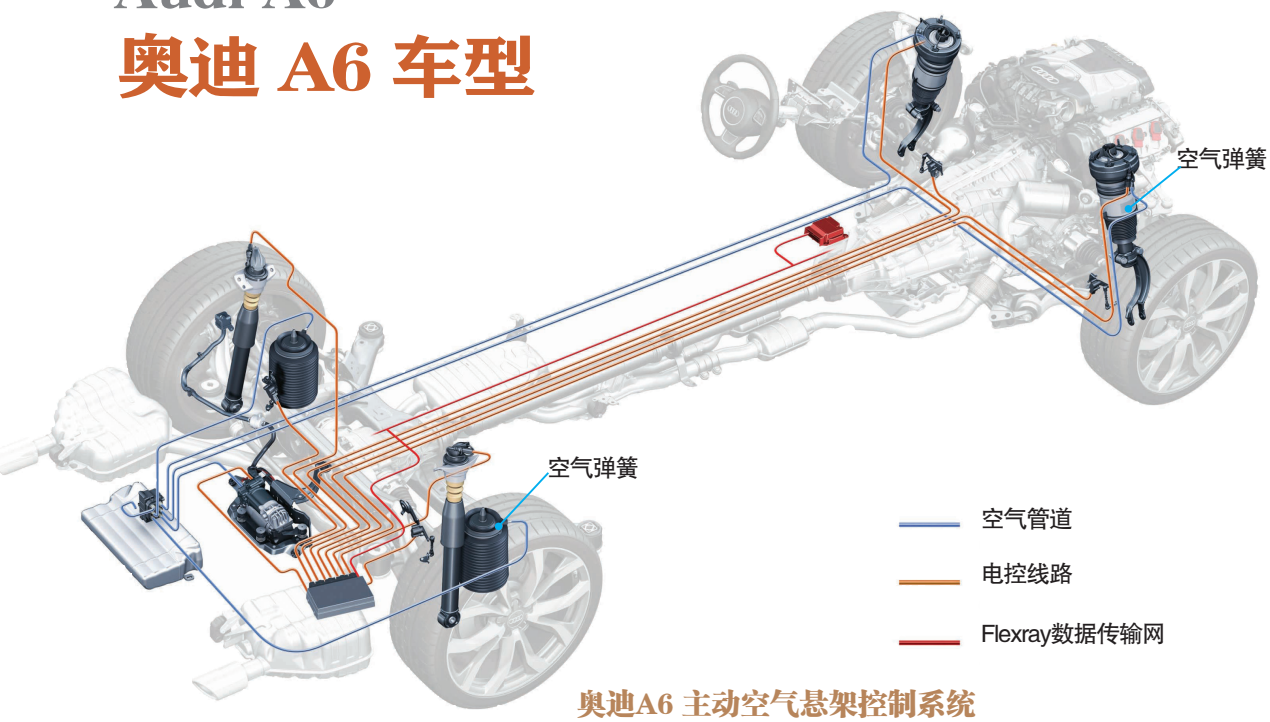


奥迪A5 Coupe quattro底盘和驱动系统

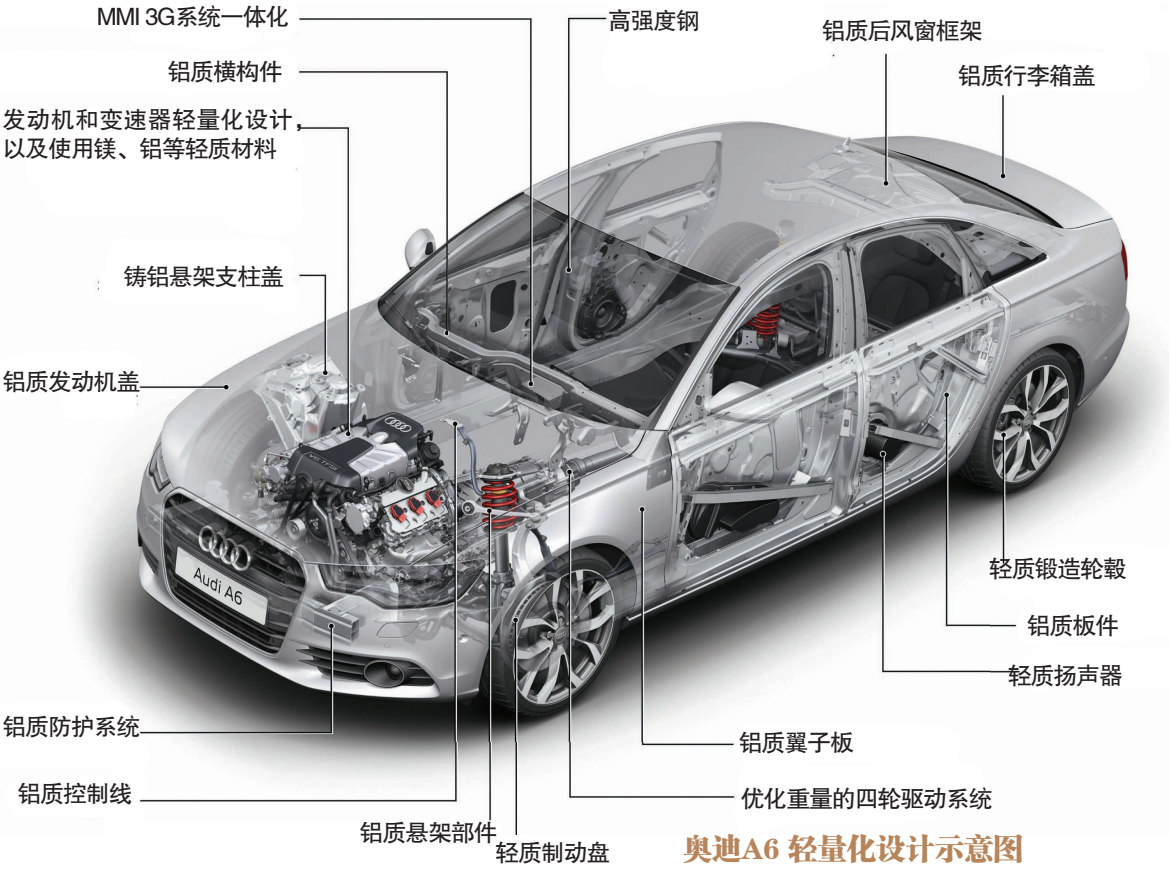
奥迪A5 Coupe quattro采用冠齿差速器作为中央差速装置。在正常行驶时，前轴、后轴得到40:60的驱动转矩分配，但根据行驶需要，可以自动重新分配前、后驱动比，使后轴和前轴的驱动力比例在85:15到30:70之间连续变化。详细介绍可参看本书第42页的“奥迪quattro之二”

奥迪S5 电气系统

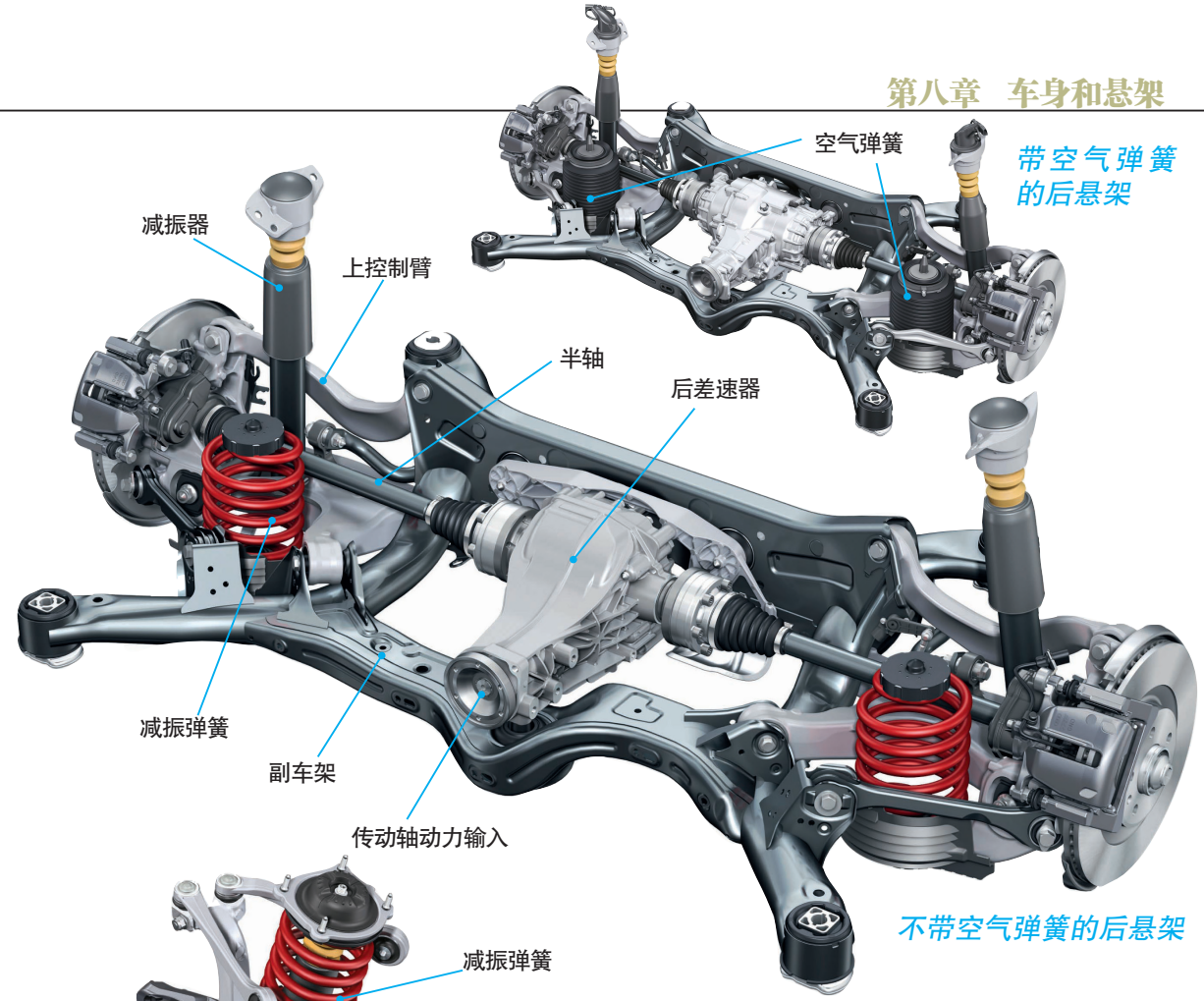
Audi A6
奥迪 A6 车型



奥迪A6 主动空气悬架控制系统



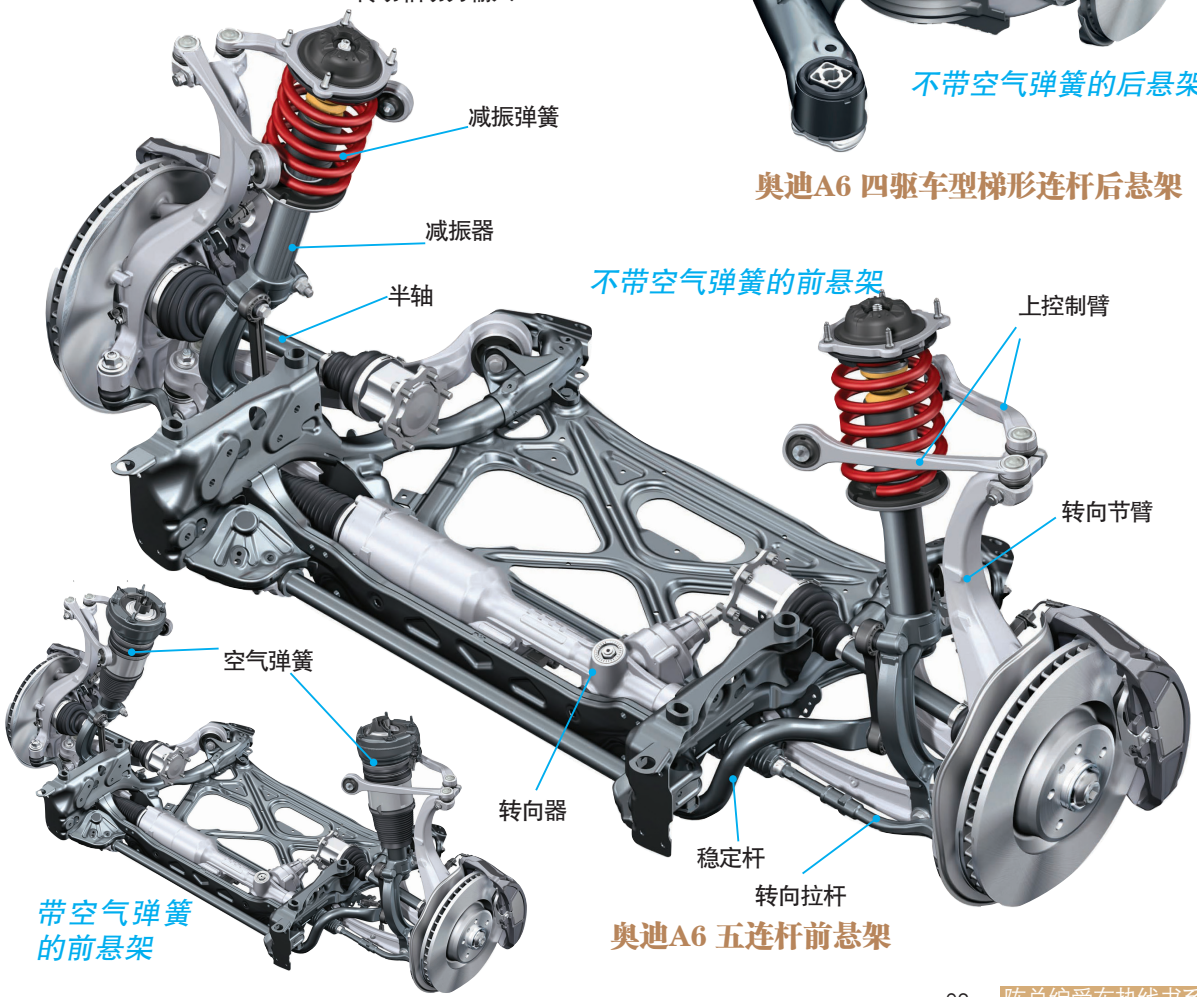
奥迪A6 轻量化设计示意图



带空气弹簧的后悬架

不带空气弹簧的后悬架

奥迪A6 四驱车型梯形连杆后悬架

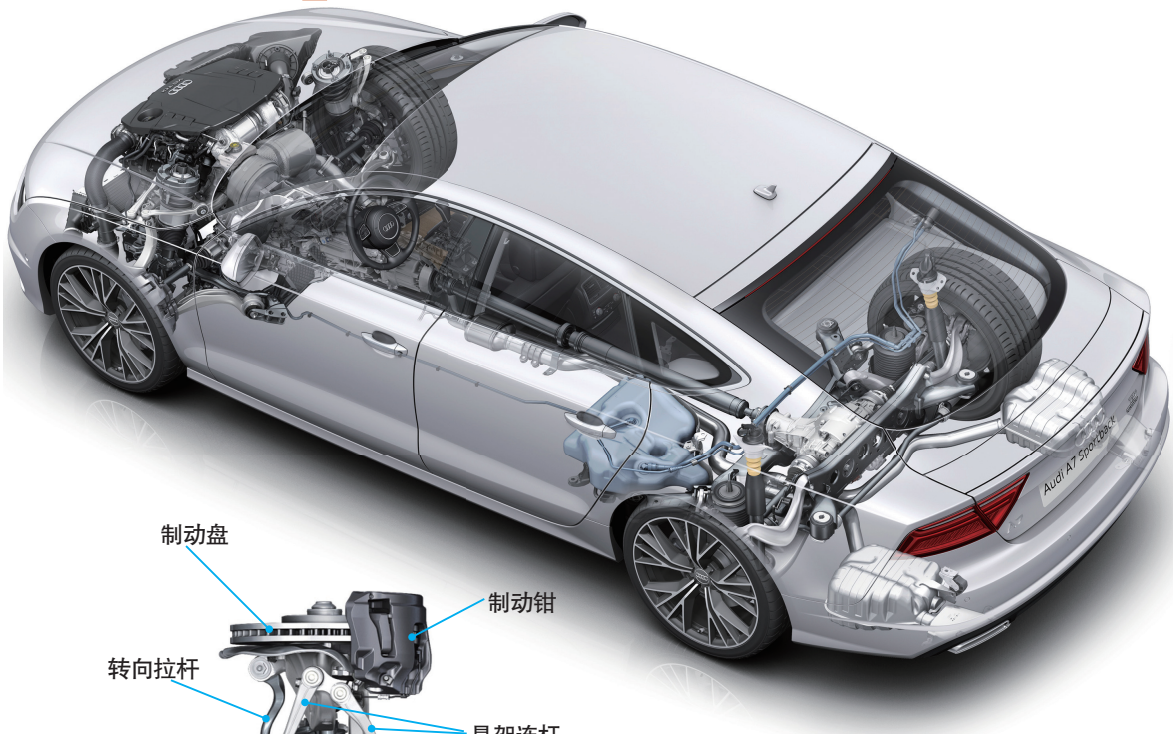


不带空气弹簧的前悬架

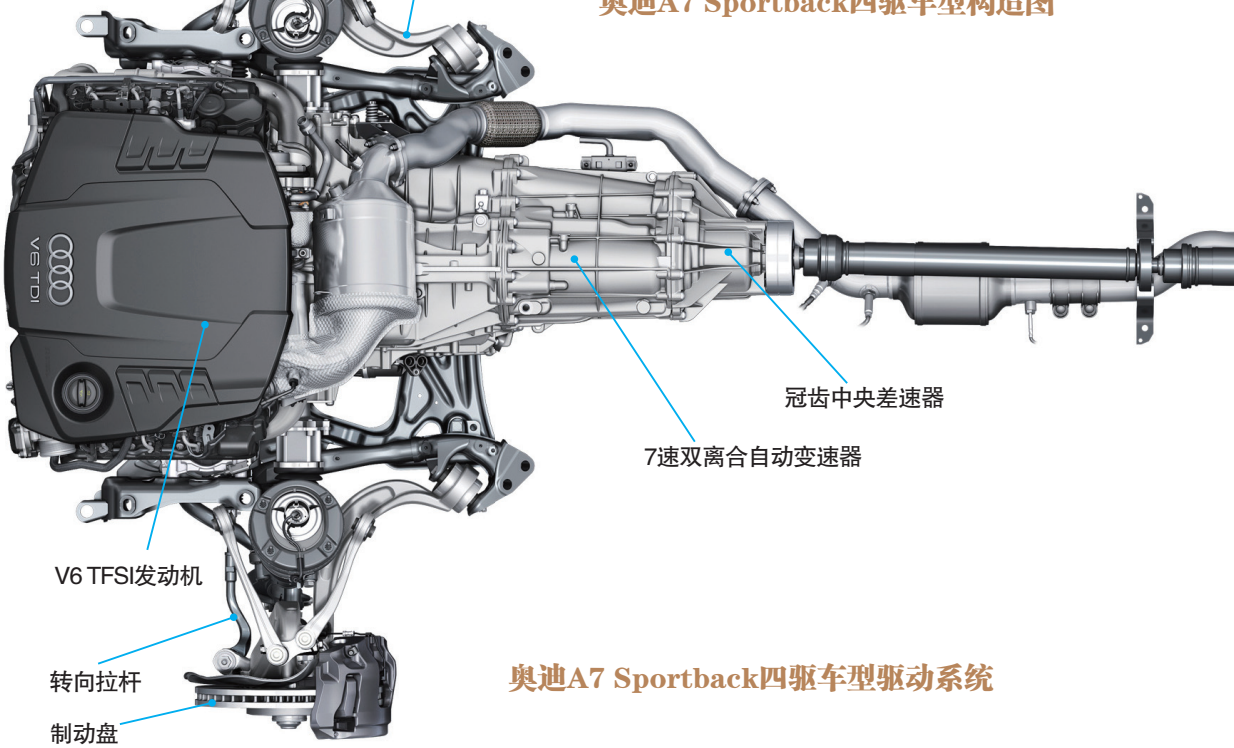
带空气弹簧的前悬架

奥迪A6 五连杆前悬架

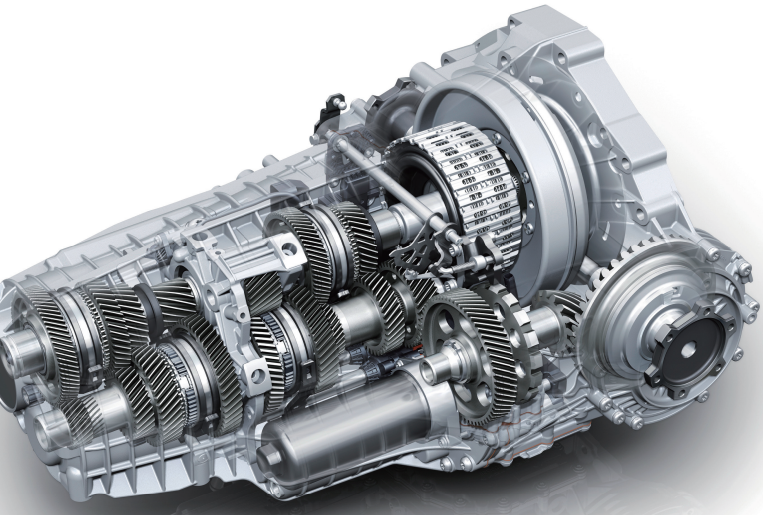
Audi A7 Sportback
奥迪 A7 Sportback



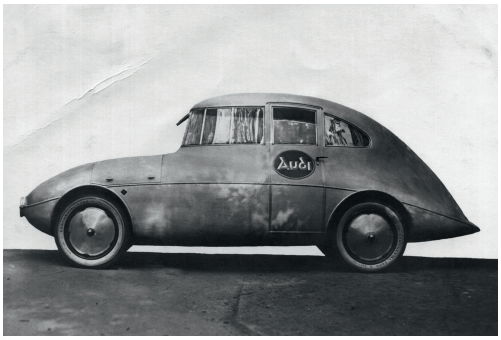
奥迪A7 Sportback四驱车型构造图



奥迪A7 Sportback四驱车型驱动系统

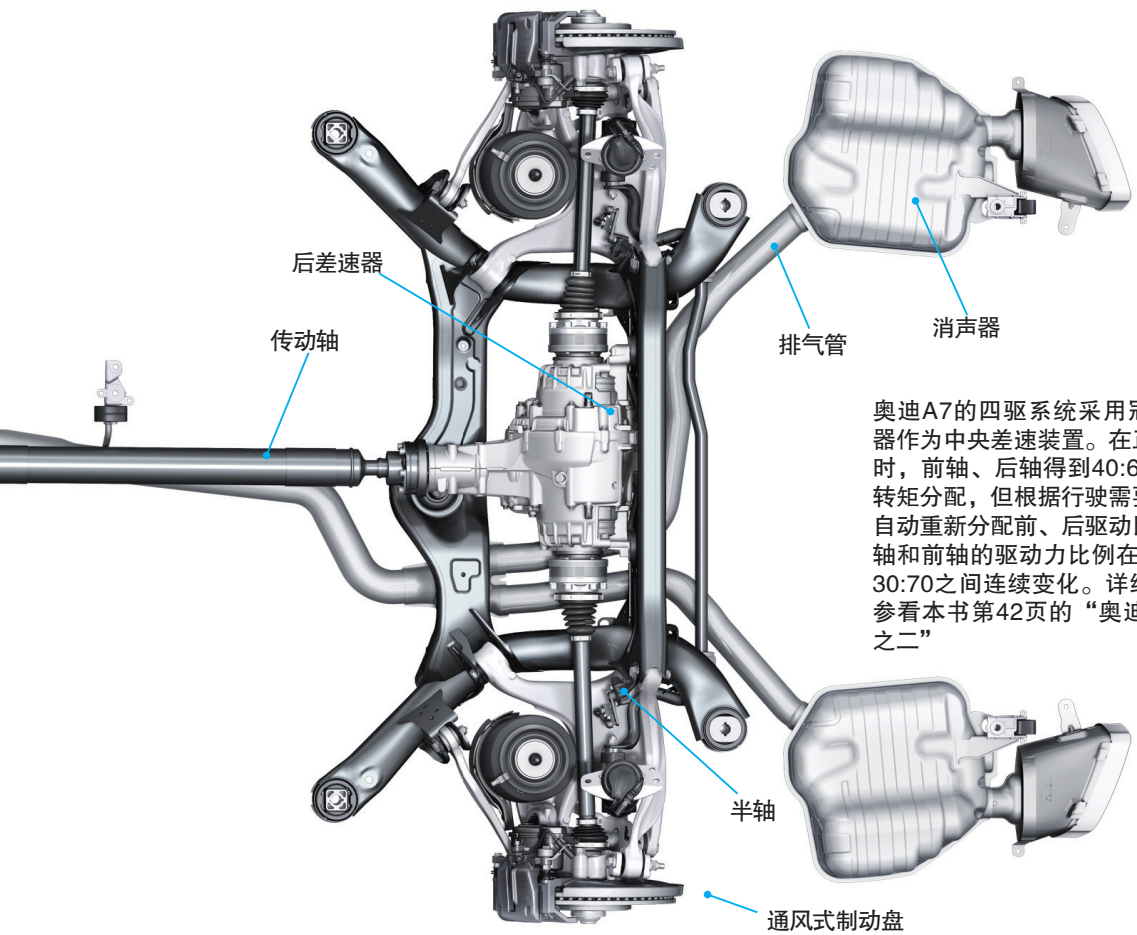


奥迪A7 Sportback双离合变速器



流线形车身的开拓者

为了减少能耗，汽车设计师力求将车身的风阻系数降至最低。1923年，奥迪就对其K型汽车进行了试验，K型汽车最终采用了德累斯顿的格拉泽车身制造商提供的铝质流线形车身。奥迪因此成为世界上最早将空气动力学应用于汽车设计和制造的品牌。此后，奥迪在车身流线形设计上不断取得进展。1923年，根据瑞士空气动力学家保罗·杰瑞的专利，奥迪设计出了尾部造型高度符合空气动力学的“Jaray 奥迪”车型。该车型采用独创的29.4千瓦（40马力）6缸发动机，加上流线形车身，其最高车速超过了100千米/时。

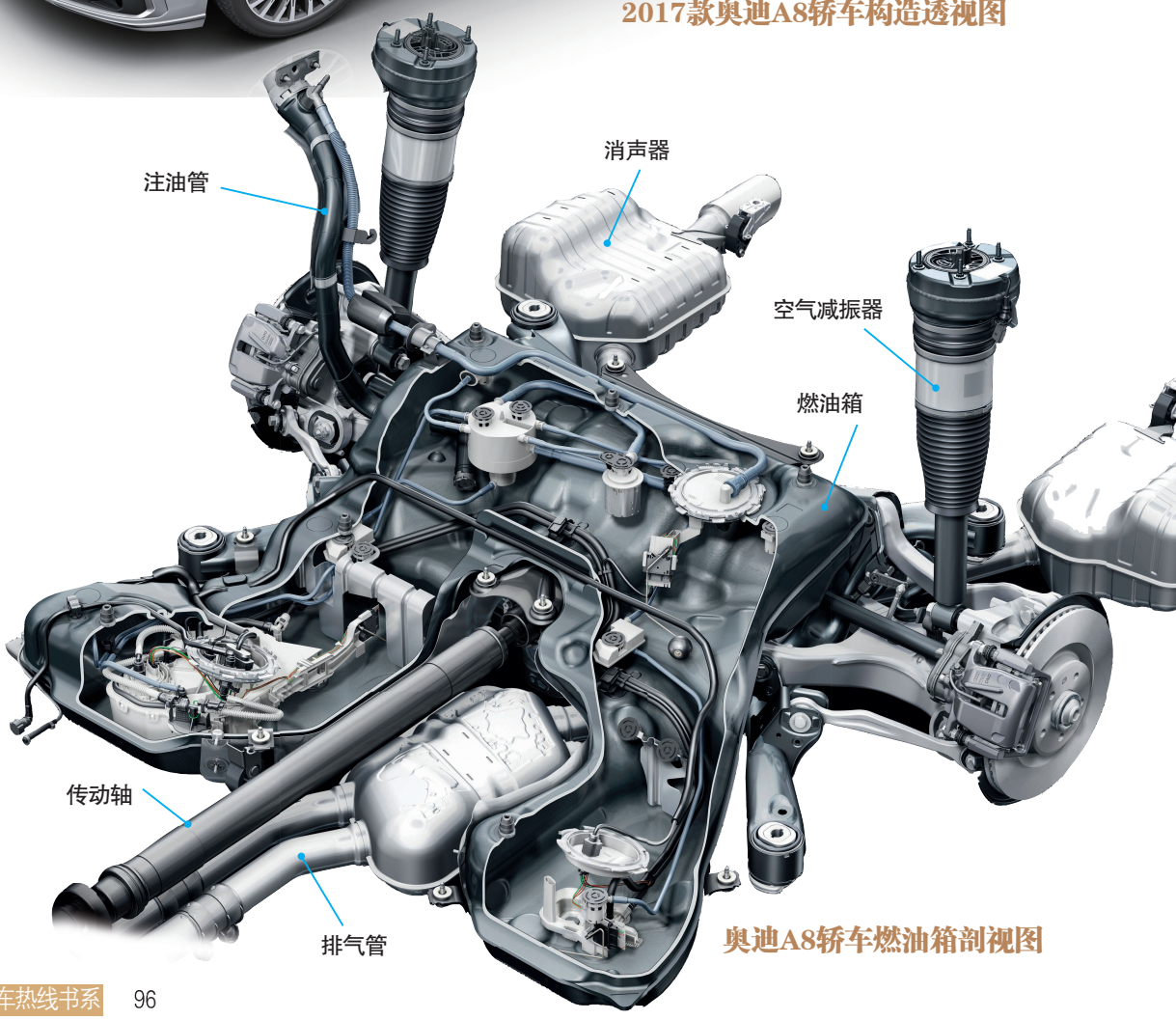


奥迪A7的四驱系统采用冠齿差速器作为中央差速装置。在正常行驶时，前轴、后轴得到40:60的驱动转矩分配，但根据行驶需要，可以自动重新分配前、后驱动比，使后轴和前轴的驱动力比例在85:15到30:70之间连续变化。详细介绍可参看本书第42页的“奥迪quattro之二”

Audi A8

奥迪 A8 车型

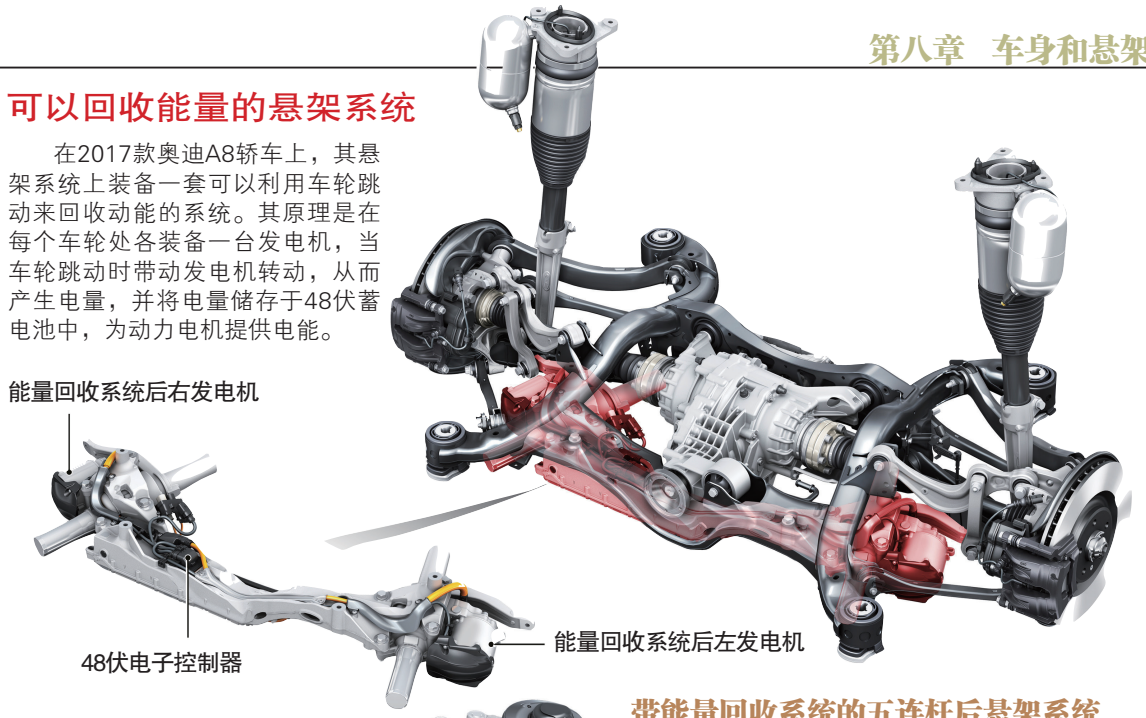
2017款奥迪A8轿车构造透视图



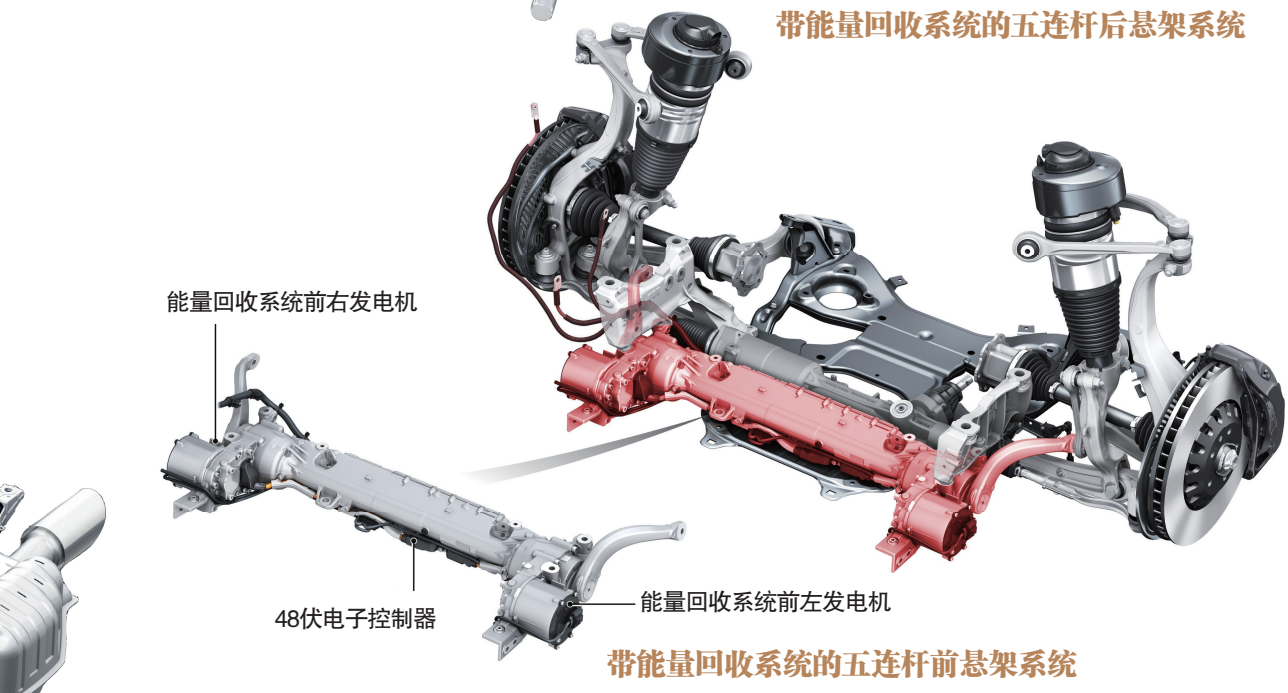
奥迪A8轿车燃油箱剖视图

可以回收能量的悬架系统

在2017款奥迪A8轿车上，其悬架系统上装备一套可以利用车轮跳动来回收动能的系统。其原理是在每个车轮处各装备一台发电机，当车轮跳动时带动发电机转动，从而产生电量，并将电量储存于48伏蓄电池中，为动力电机提供电能。



带能量回收系统的五连杆后悬架系统



带能量回收系统的五连杆前悬架系统

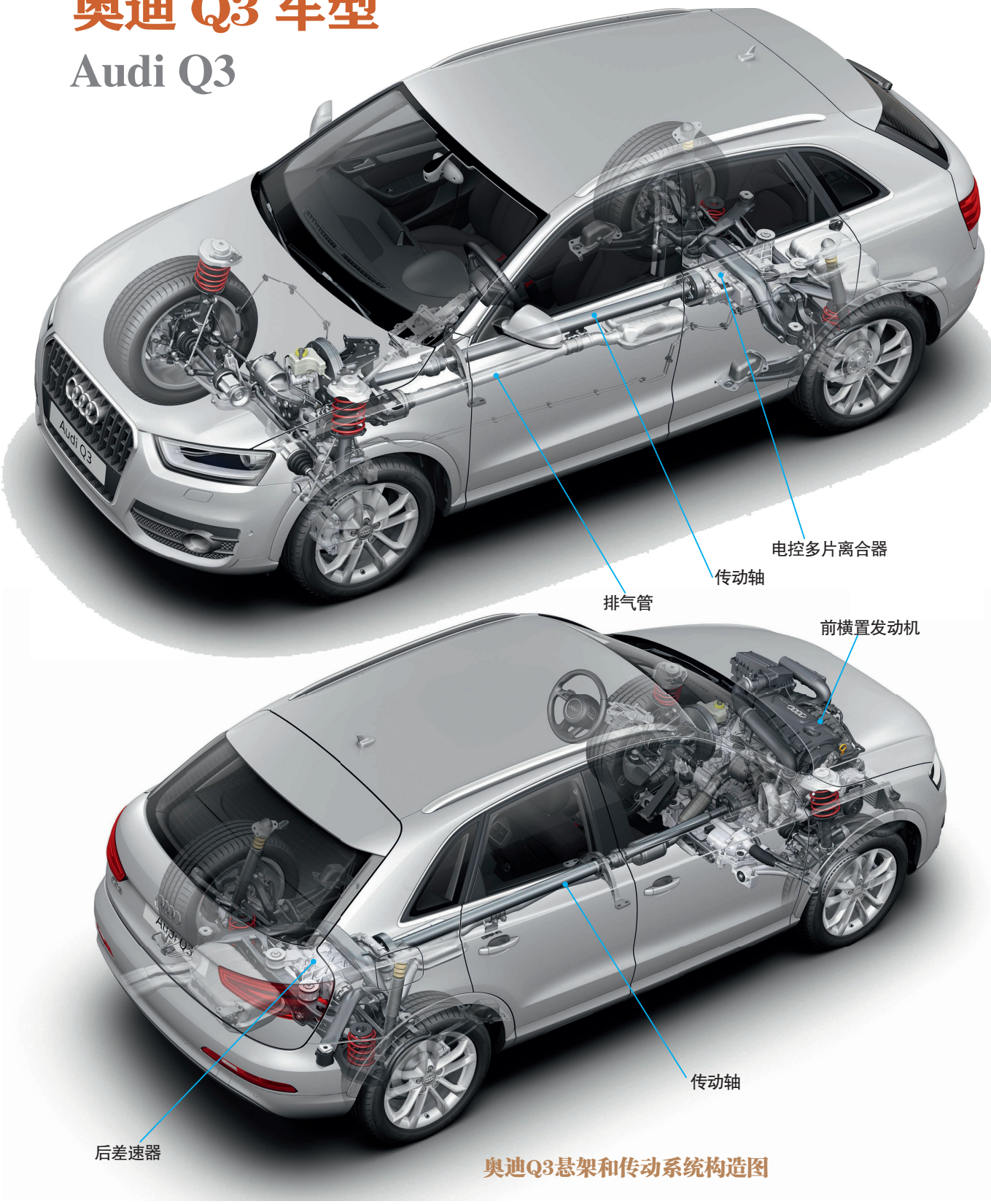
侧面主动防护系统

在2017款奥迪A8轿车上，由于其悬架系统上装备有4个电机（发电机），它可将车身主动抬高。因此奥迪就利用此功能为A8设计一套侧面主动防护系统，当监测到汽车侧面受到撞击威胁时，它可以将一侧车身主动抬高80毫米，从而可提高车身侧面的防护能力。

侧面主动防护系统

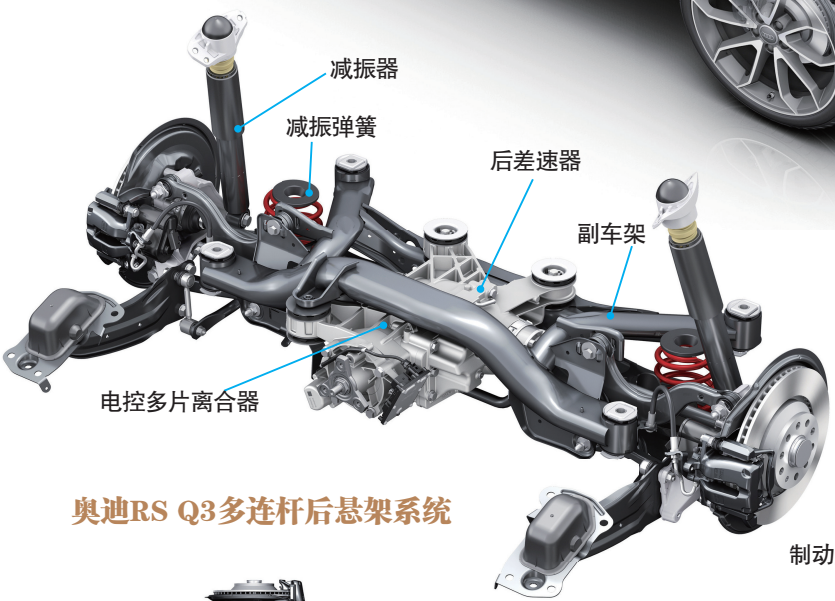
奥迪 Q3 车型

Audi Q3



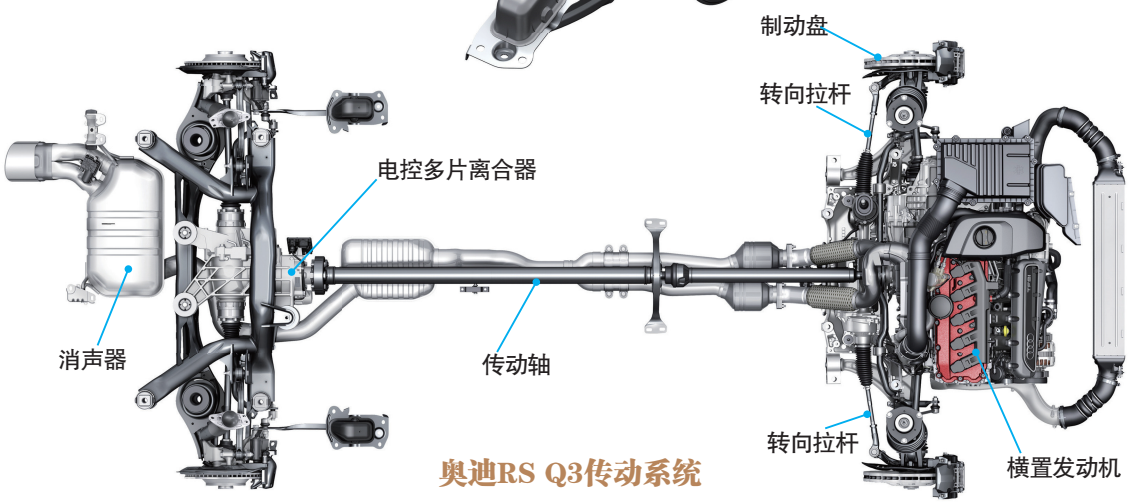
奥迪Q3悬架和传动系统构造图

奥迪RS Q3构造图



奥迪RS Q3多连杆后悬架系统

奥迪Q3的四驱系统采用电控多片离合器作为中央差速装置。在正常行驶时，后轮仅得到较少的驱动转矩，但当前轮出现打滑现象时，电控多片离合器会自动压紧离合器片，增加传递给后轴上的驱动转矩。详细介绍可参看本书第44页的“奥迪quattro之三”



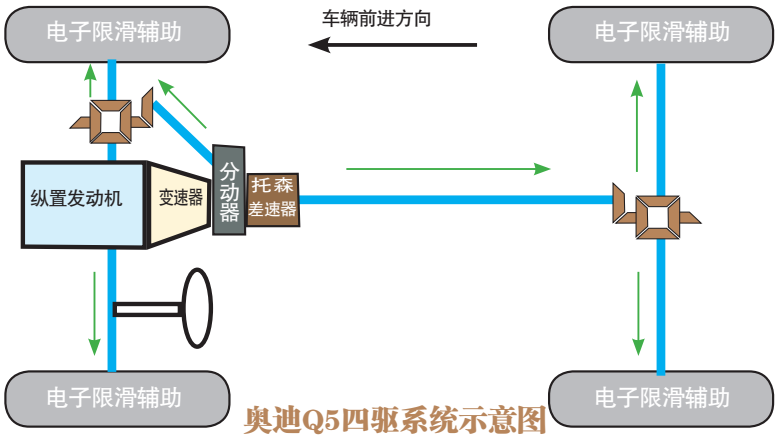
奥迪RS Q3传动系统

Audi Q5
奥迪 Q5 车型

奥迪Q5车型构造图

奥迪Q5车型构造图

奥迪Q5主动悬架系统示意图



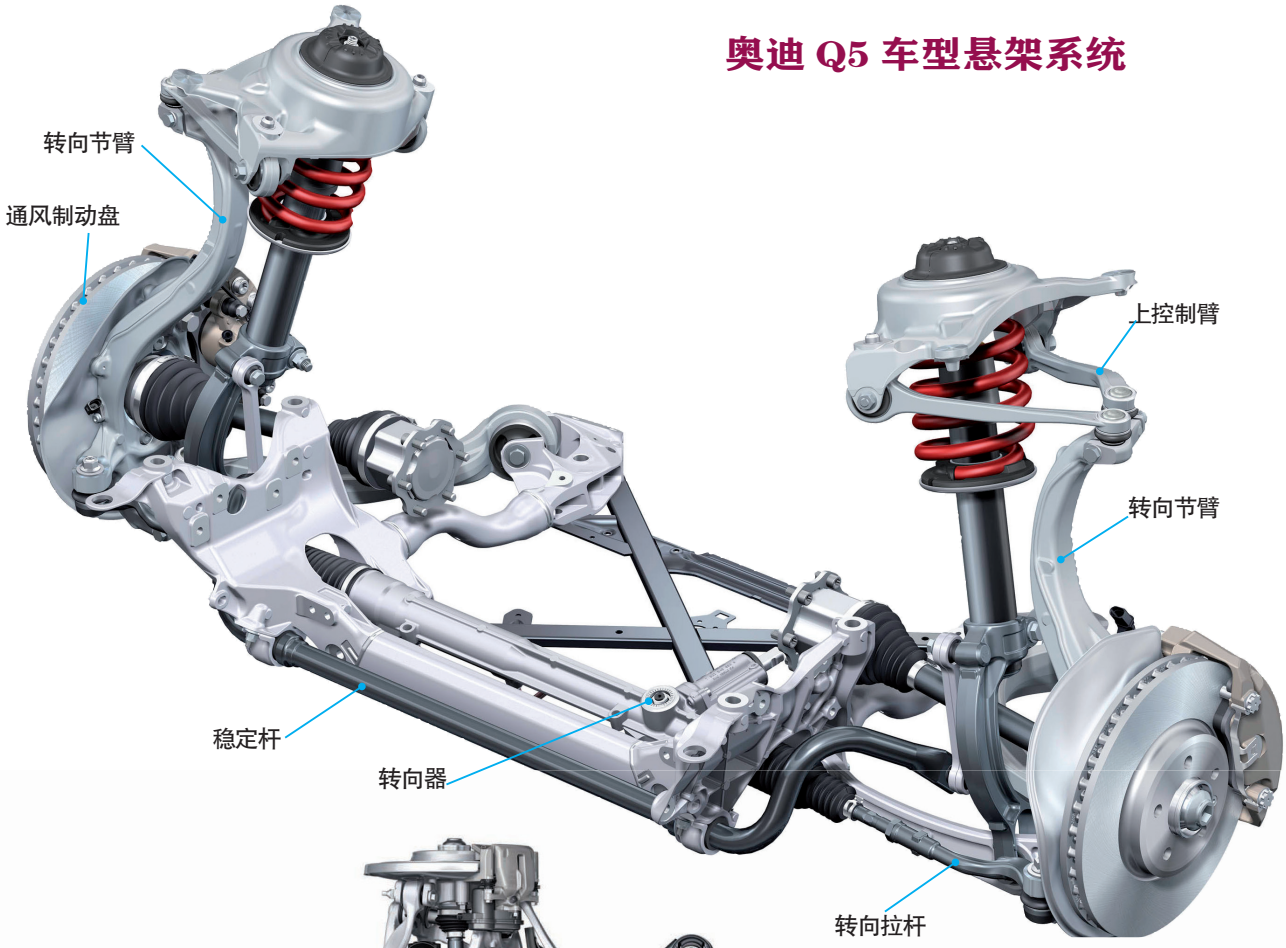
奥迪Q5四驱系统示意图

奥迪Q5的四驱系统采用转矩感应自锁式托森差速器作为中央差速装置，并配有分动器，其构造形式与Q7基本一样，前、中、后三个差速器也都不具备差速锁止功能，四个车轮都配有电子限滑辅助，在起步时如果某个车轮有打滑现象，会向此车轮施加轻微的制动力，以便将驱动转矩传递到另一侧不打滑的车轮上。

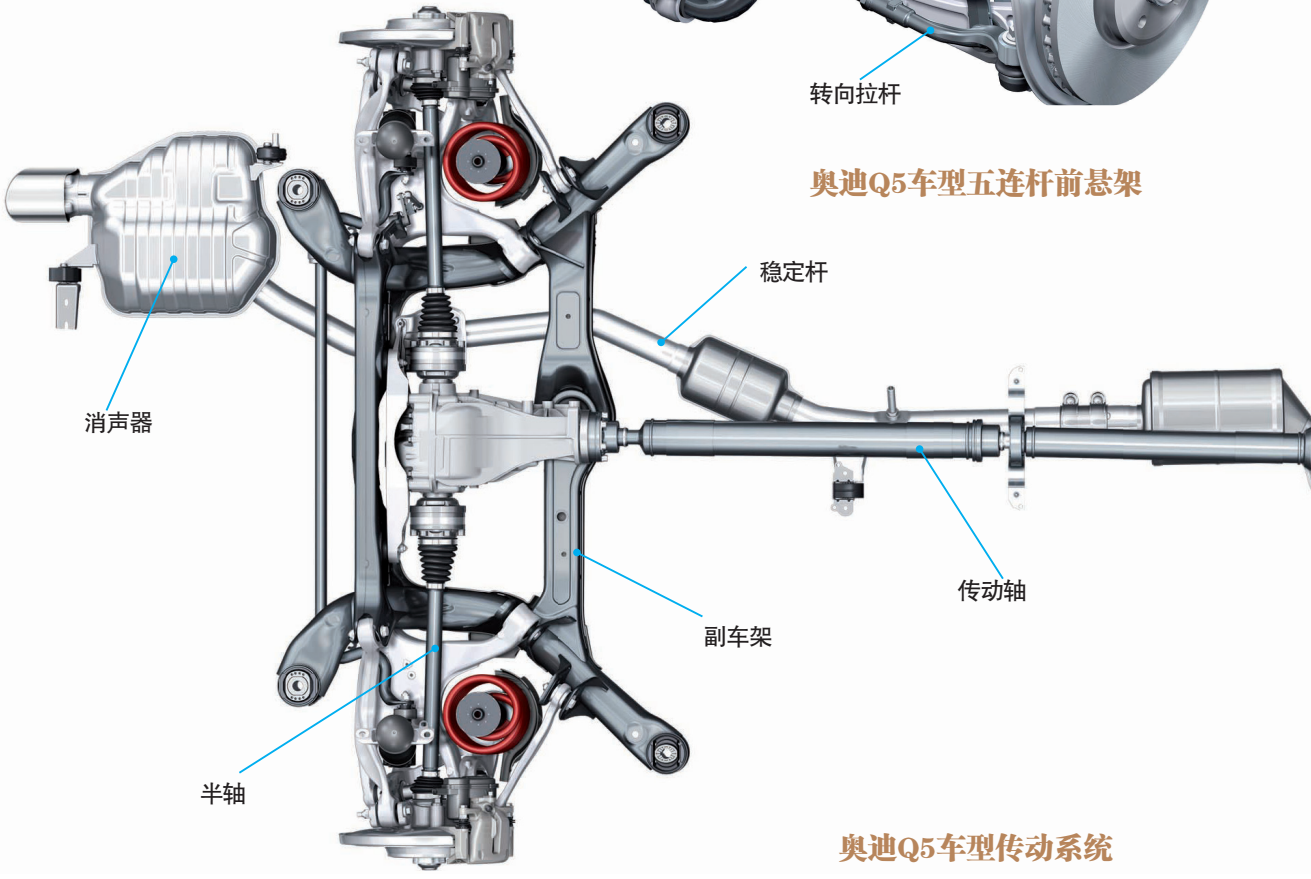
正常行驶时，前、后轴上的驱动转矩分配比为40:60。若行驶情况需要，它可以重新分配驱动力输出到后轴上。

奥迪Q5前排空调座椅

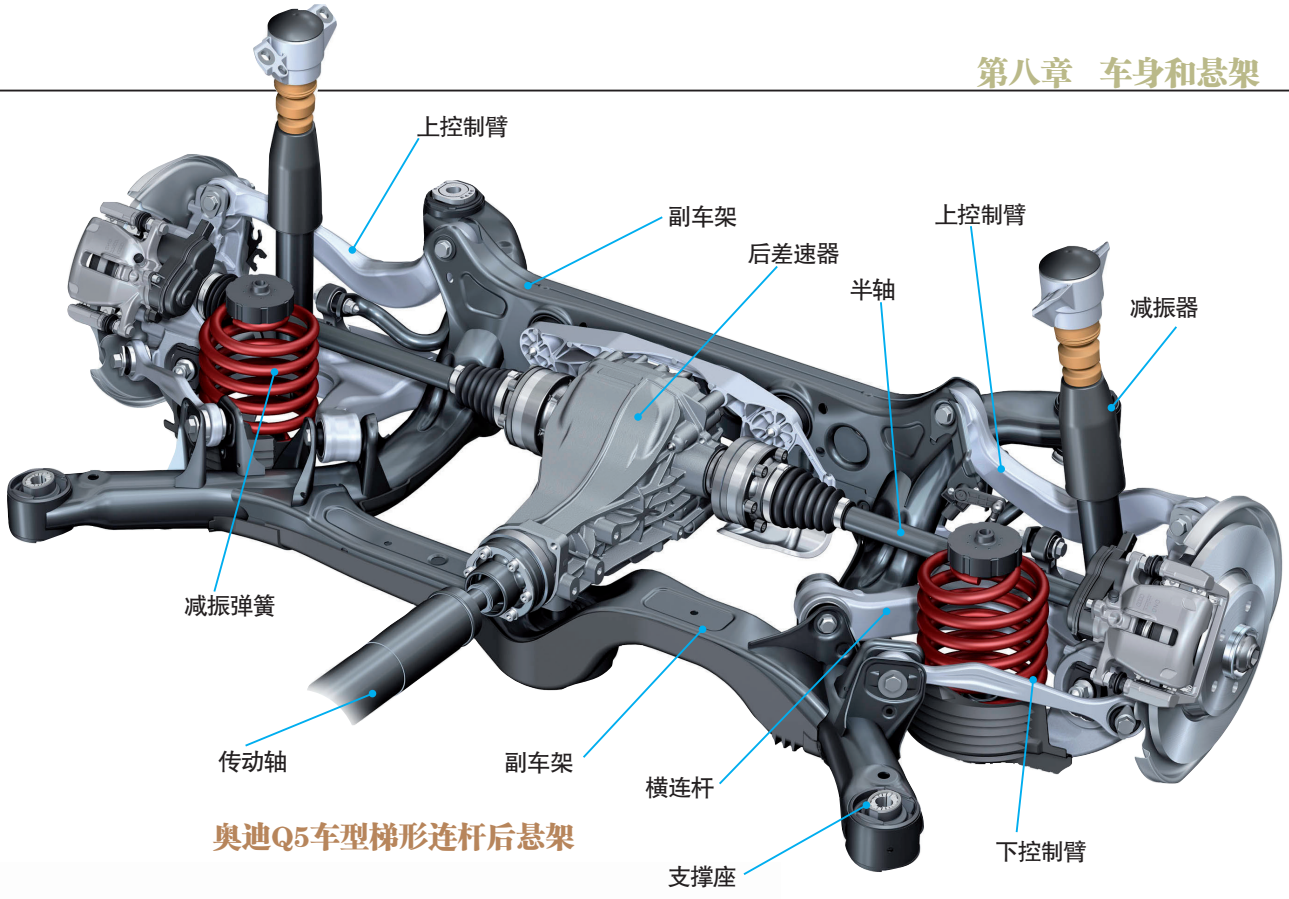
奥迪 Q5 车型悬架系统



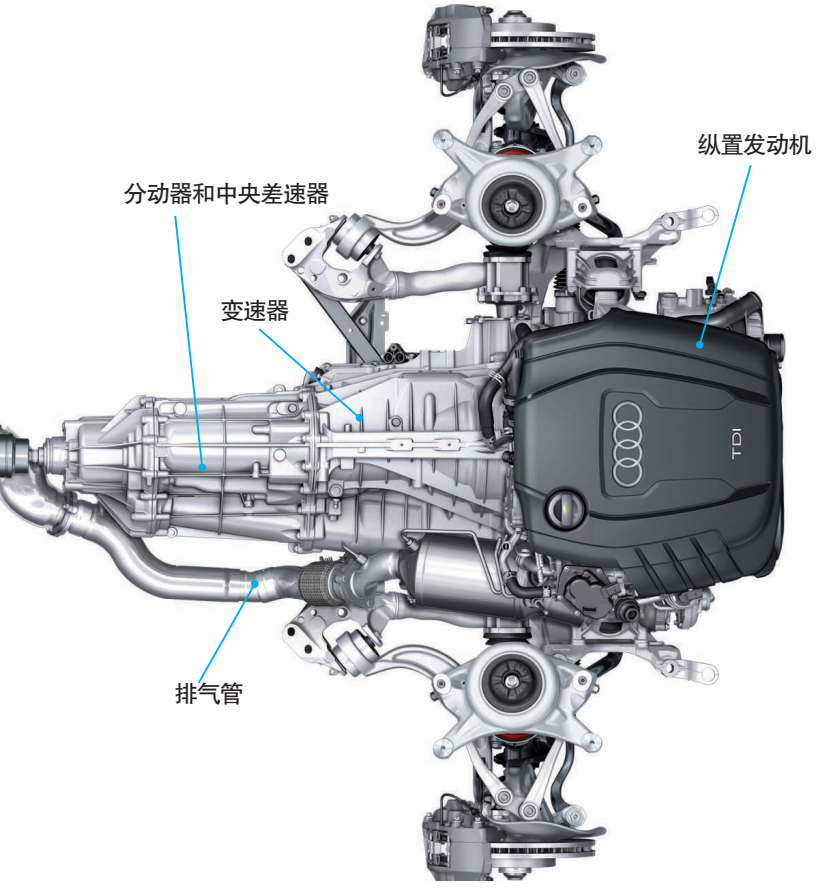
奥迪Q5车型五连杆前悬架



奥迪Q5车型传动系统



奥迪Q5车型梯形连杆后悬架



Q5和A4、A5共平台?

在大众集团，平台战略非常显著，集团内的不少车型都共用平台，比如在最著名的PQ35平台上，就包括三厢轿车速腾、两厢轿车高尔夫、多功能商务车途安，还有兄弟品牌奥迪A3、斯柯达明锐等。

共平台的显著特征是悬架结构相似、轴距或轮距相差不大、动力匹配近似等。如果同一厂家或同一品牌下两款车的悬架结构形式一样，则它们就很可能是同平台，如奥迪Q5和前面介绍的奥迪A4、A5，它们的悬架结构完全一样，它们同属奥迪汽车的MLB平台，前悬架为五连杆式，后悬架为梯形连杆式。

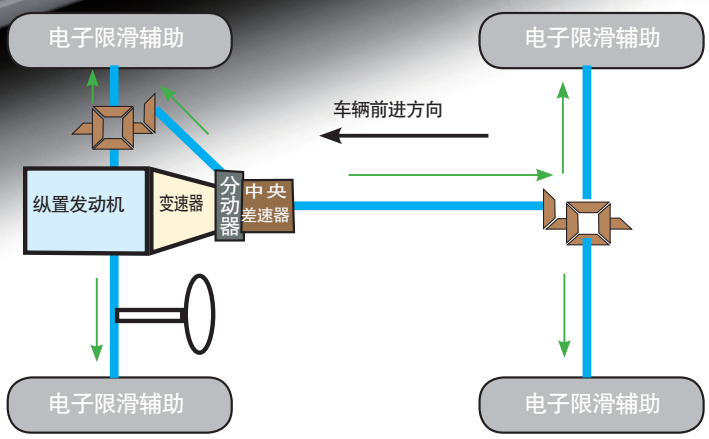
Audi Q7
奥迪 Q7 车型

最新一代奥迪 Q7 主打动力为 3.0 TFSI 机械增压汽油发动机，最大功率为 245 千瓦，峰值转矩为 440 牛·米，从静止加速到 100 千米 / 时仅需 6.1 秒，最高速度为 250 千米 / 时。其机械增压器在部分负荷时自动关闭。这一技术使其百千米综合油耗仅为 7.7 升。

quattro 全时四轮驱动系统的核心——中央差速器集成在 8 速手自一体式 Tiptronic 变速器中。它比前代车型的变速器更轻、更紧凑。在正常驾驶条件下，该中央差速器以 40:60 的比例将功率分配到前、后轴。如果一个车轴的车轮失去抓地力，它可以非常迅速地传送高达 70% 的动力到前轴，以及最高 85% 的动力到后轴。

奥迪Q7双叉臂前悬架构造

与前一代车型相比，全新奥迪Q7长度缩短了37毫米，宽度缩短了15毫米，高度几乎不变。然而，在内部，第一排和第二排座位之间的距离增加了21毫米，第一排和第二排的头部空间分别增加了41毫米和23毫米



新一代奥迪Q7四驱系统

新奥迪Q7四驱系统

新一代的奥迪Q7采用转矩感应自锁式托森差速器作为中央差速装置，并与8速自动变速器整合在一起，减小了体积和重量。正常行驶时，前、后轴上的驱动转矩分配比为40:60，偏向于后轮驱动。当车轮出现滑动时，它可以重新分配驱动力输出到后轴上，最多可以向前轴分配70%的驱动转矩，最多可以向后轴分配85%的驱动转矩。四个车轮都配有电子限滑辅助系统，如果某侧车轮有打滑现象，电子限滑系统将向此车轮施加轻微的制动力，以便将驱动转矩传递到另一侧不打滑的车轮上。

奥迪 Q7 车型悬架系统

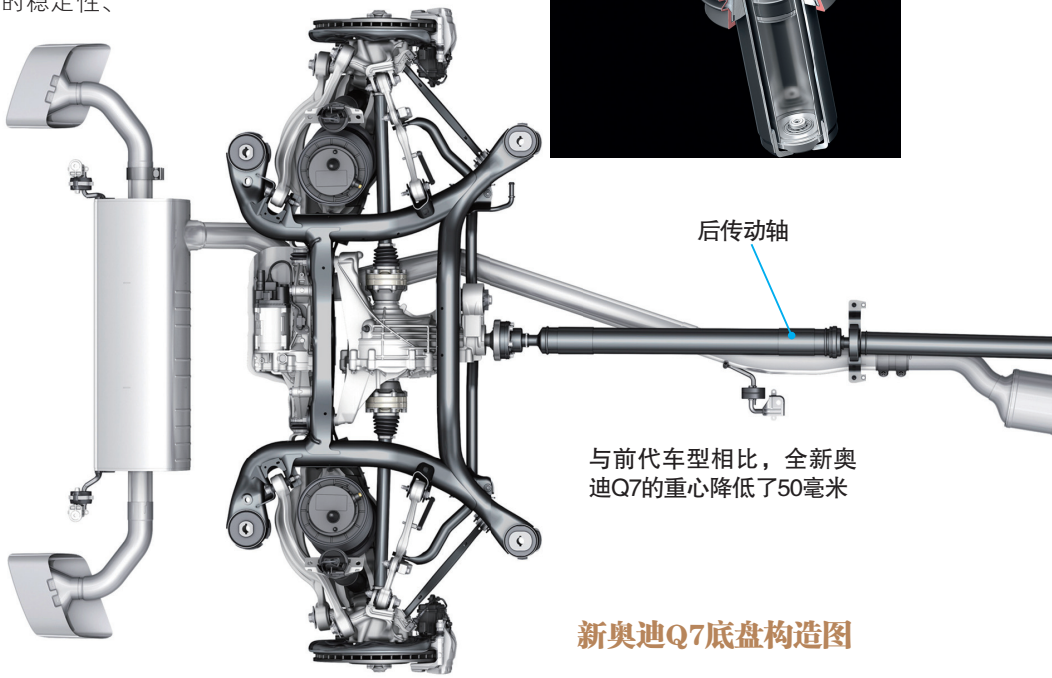
奥迪Q7空气悬架系统

主动式悬架

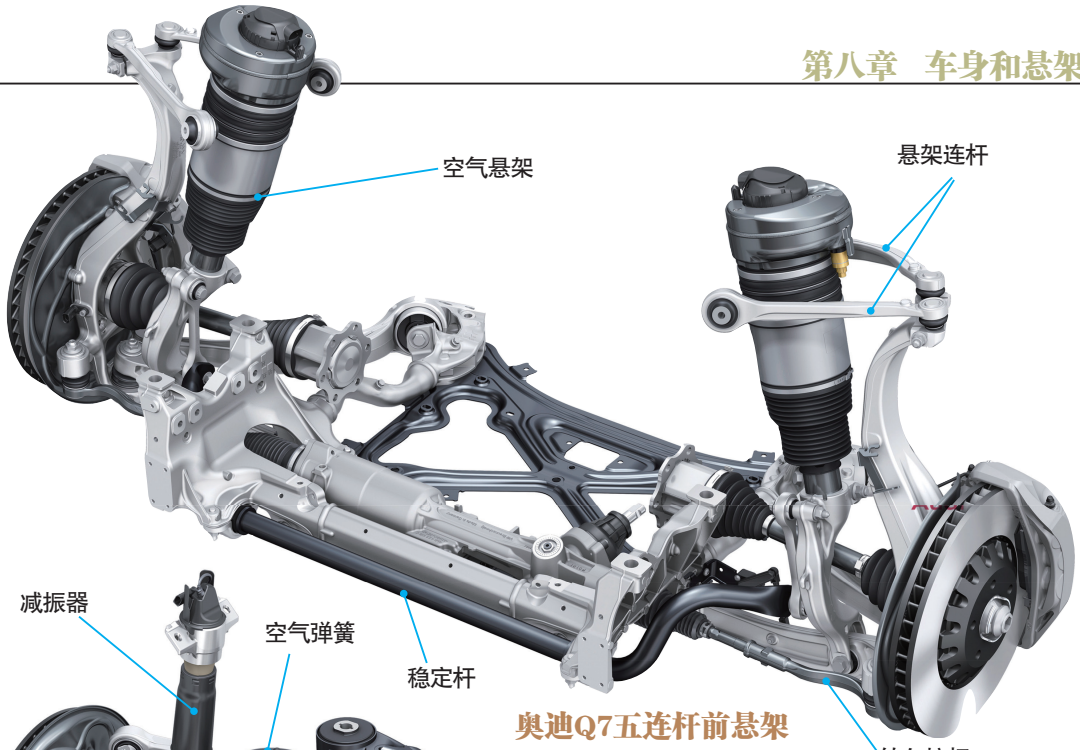
全新奥迪Q7空气悬架可根据路况改变车身高度和车内舒适性。在高速公路上行驶时，车身可降低30毫米。当在低速越野驾驶时，车身可升高60毫米。

奥迪的空气悬架是一种主动悬架（Active Suspension），也被称为自适应悬架，它可以根据道路情况“主动”调节悬架的高度和软硬度，从而使汽车在不同情况下都能保持较佳的稳定性、运动性和舒适性。

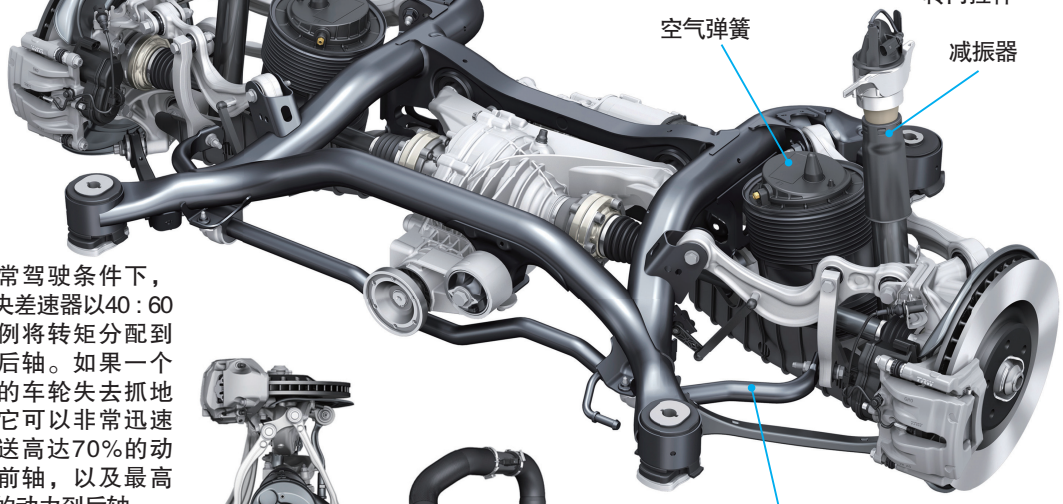
主动悬架通常以空气弹簧或液压吸筒来代替减振弹簧和减振器。空气弹簧可以根据中央控制器的指令来调整自身的工作，而中央控制器是按从车身上的传感器所收集的资料信息计算后发出指令的 。这些资料信息包括车速、车身侧偏度、方向盘角度、加速踏板位置等。



新奥迪Q7底盘构造图

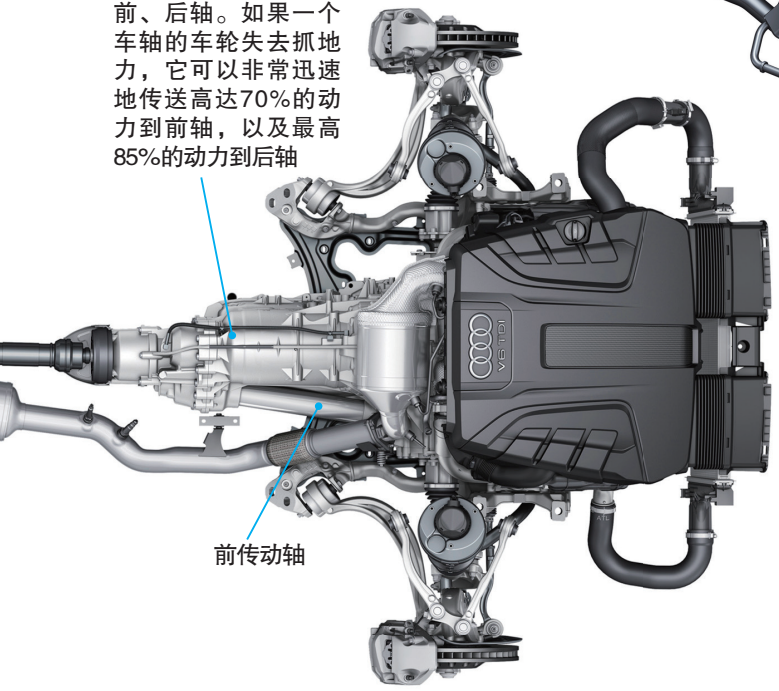


奥迪Q7五连杆前悬架



奥迪Q7五连杆后悬架

在正常驾驶条件下，该中央差速器以40 : 60的比例将转矩分配到前、后轴。如果一个车轴的车轮失去抓地力，它可以非常迅速地传送高达70%的动力到前轴，以及最高85%的动力到后轴



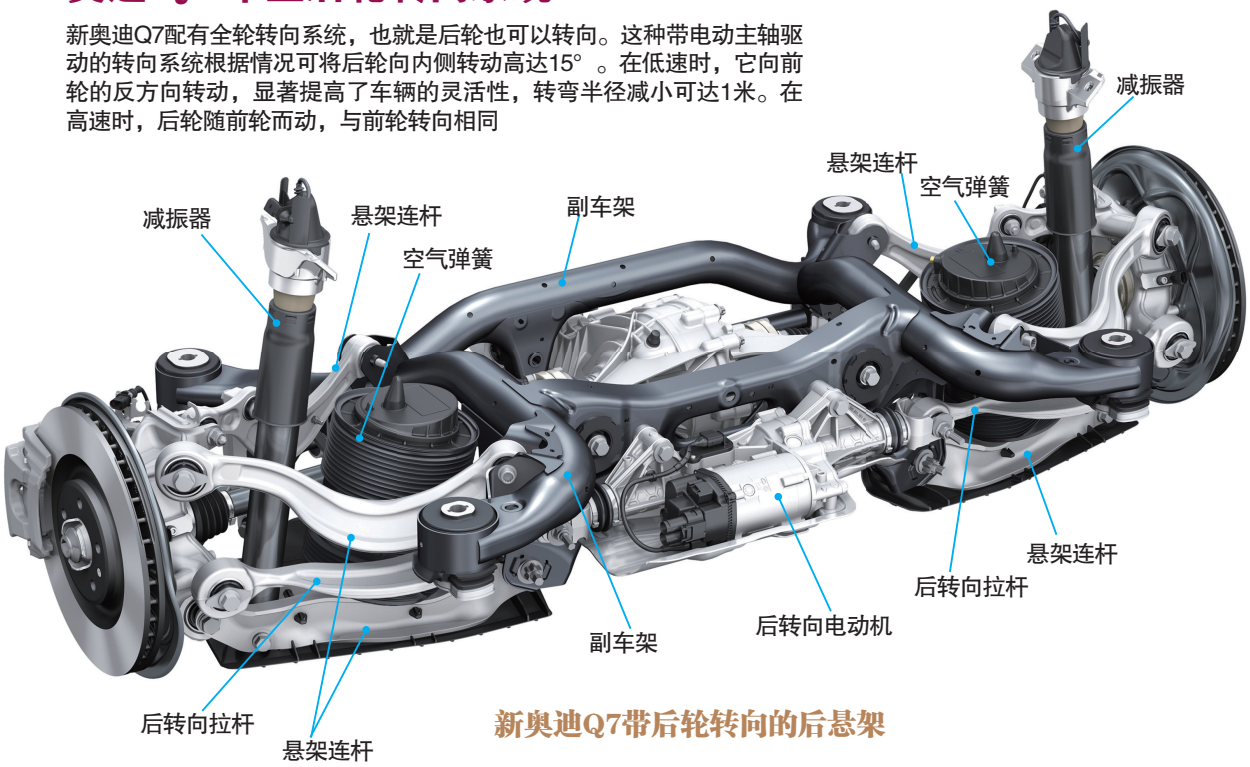
稳定杆

稳定杆也称防倾杆、平衡杆。它的两端分别固定于左、右悬架上，在汽车转弯时可减小车身侧倾程度，使车身尽量保持平衡。稳定杆一般在注重运动性的车型上采用，前后悬架都可使用。

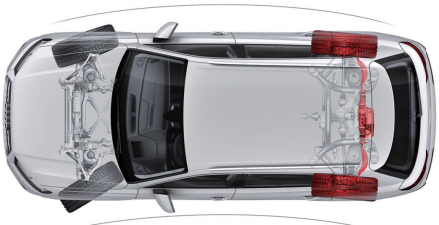
工作原理：当汽车转弯时，外侧悬架会压向稳定杆，这样稳定杆就会发生扭曲。由于稳定杆是个弹性杆，相当于一根扭杆弹簧，它的弹力会阻止车轮抬起，从而使车身尽量保持平衡。

奥迪 Q7 车型后轮转向系统

新奥迪Q7配有全轮转向系统，也就是后轮也可以转向。这种带电动主轴驱动的转向系统根据情况可将后轮向内侧转动高达15°。在低速时，它向前轮的反方向转动，显著提高了车辆的灵活性，转弯半径减小可达1米。在高速时，后轮随前轮而动，与前轮转向相同

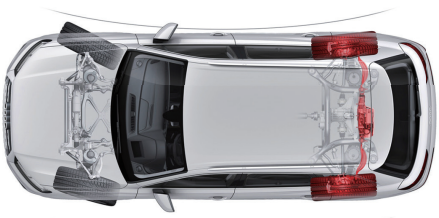


新奥迪Q7带后轮转向的后悬架

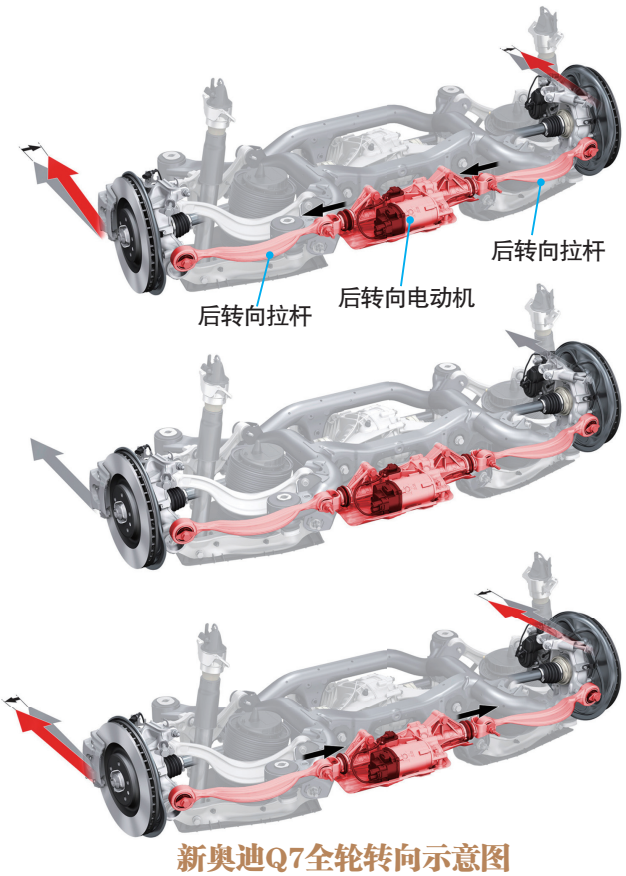


当前轮向左转向时，后轮向右小角度转向

当前轮不转向时，后轮也不转向

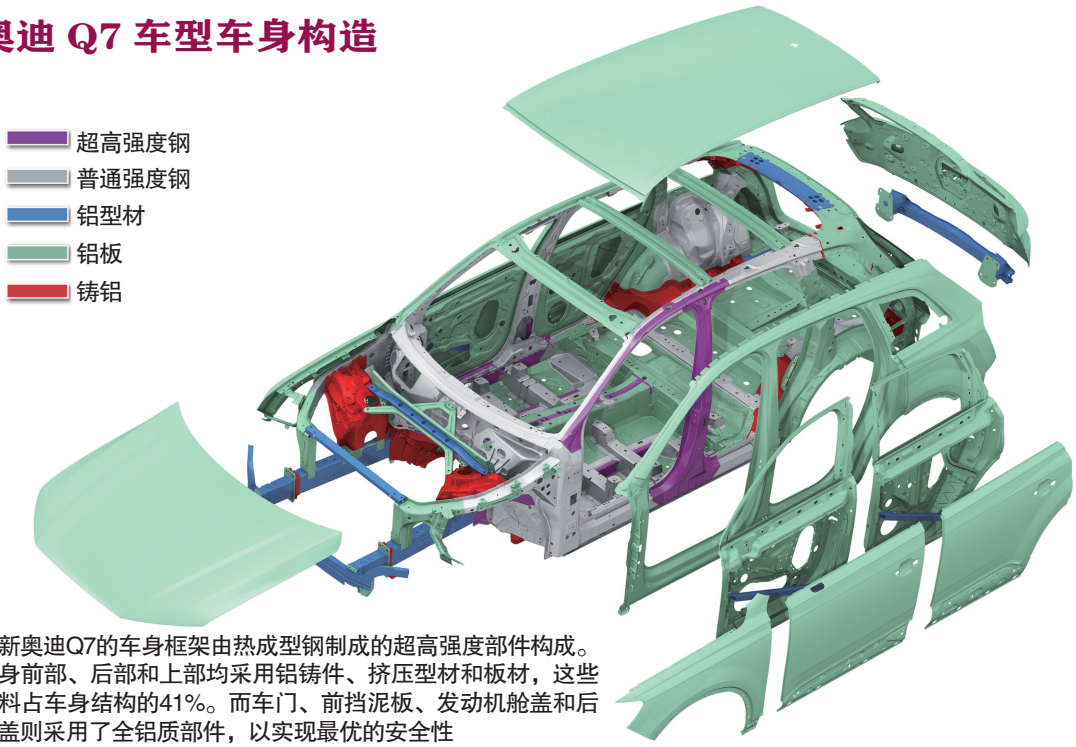


当前轮向右转向时，后轮向左小角度转向



新奥迪Q7全轮转向示意图

奥迪 Q7 车型车身构造



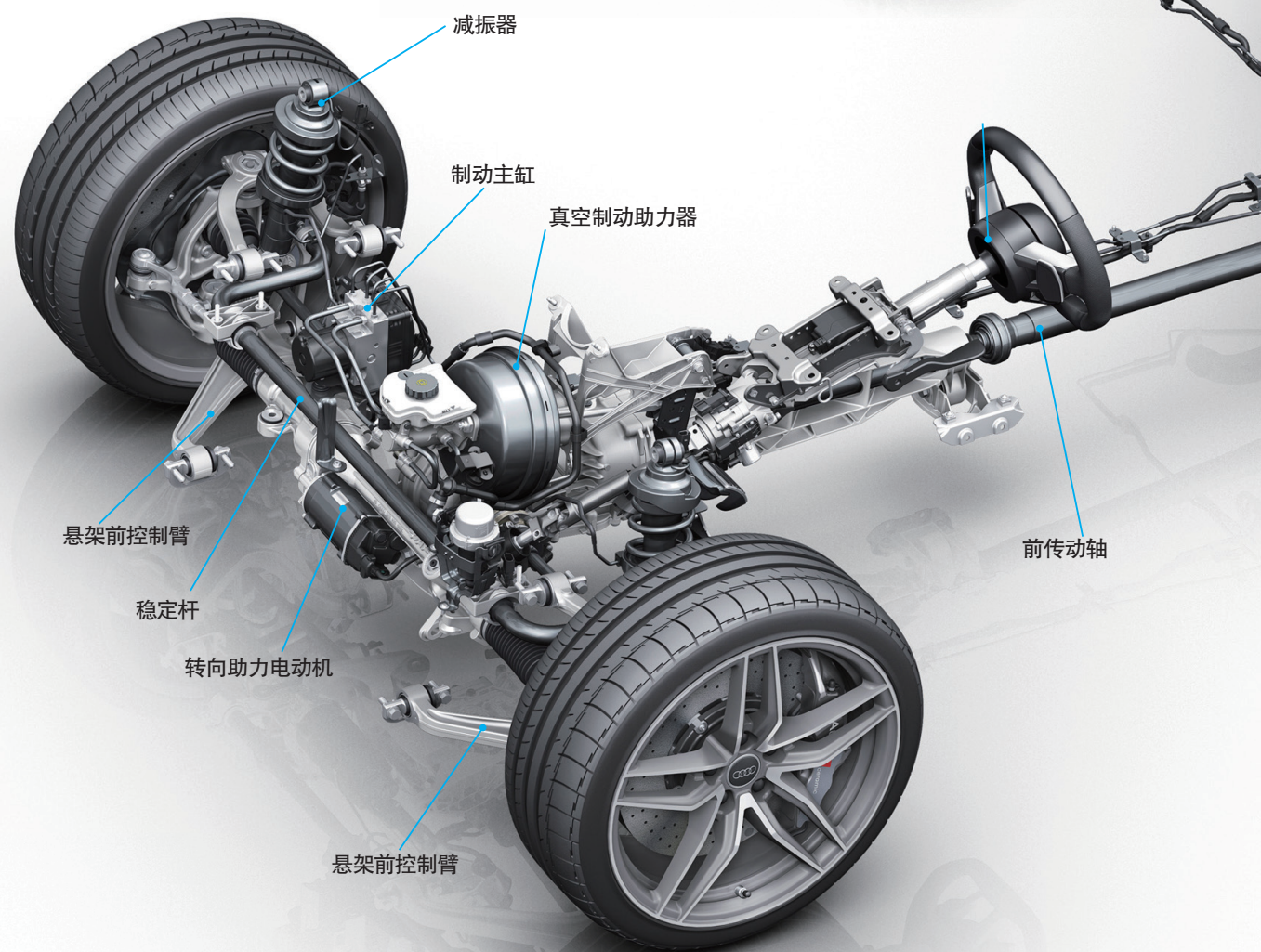
全新奥迪Q7的车身框架由热成型钢制成的超高强度部件构成。车身前部、后部和上部均采用铝铸件、挤压型材和板材，这些材料占车身结构的41%。而车门、前挡泥板、发动机舱盖和后舱盖则采用了全铝质部件，以实现最优的安全性

全新奥迪Q7标配交叉路口辅助系统、自适应巡航控制系统、交通标志识别系统、疲劳提醒系统以及奥迪Presense整体预防式城市安全系统等众多领先科技。其中，Presense整体预防式城市安全系统在本车即将与前方车辆或行人发生碰撞时，会向驾驶人发出警示，并启动紧急制动。如果碰撞不可避免，主动式制动系统会在事故过程中尽量降低速度，以防止车辆打滑，避免造成更多的碰撞。此外，在复杂道路行驶状态下，系统会启动预防性乘客保护措施，如收紧前排安全带等

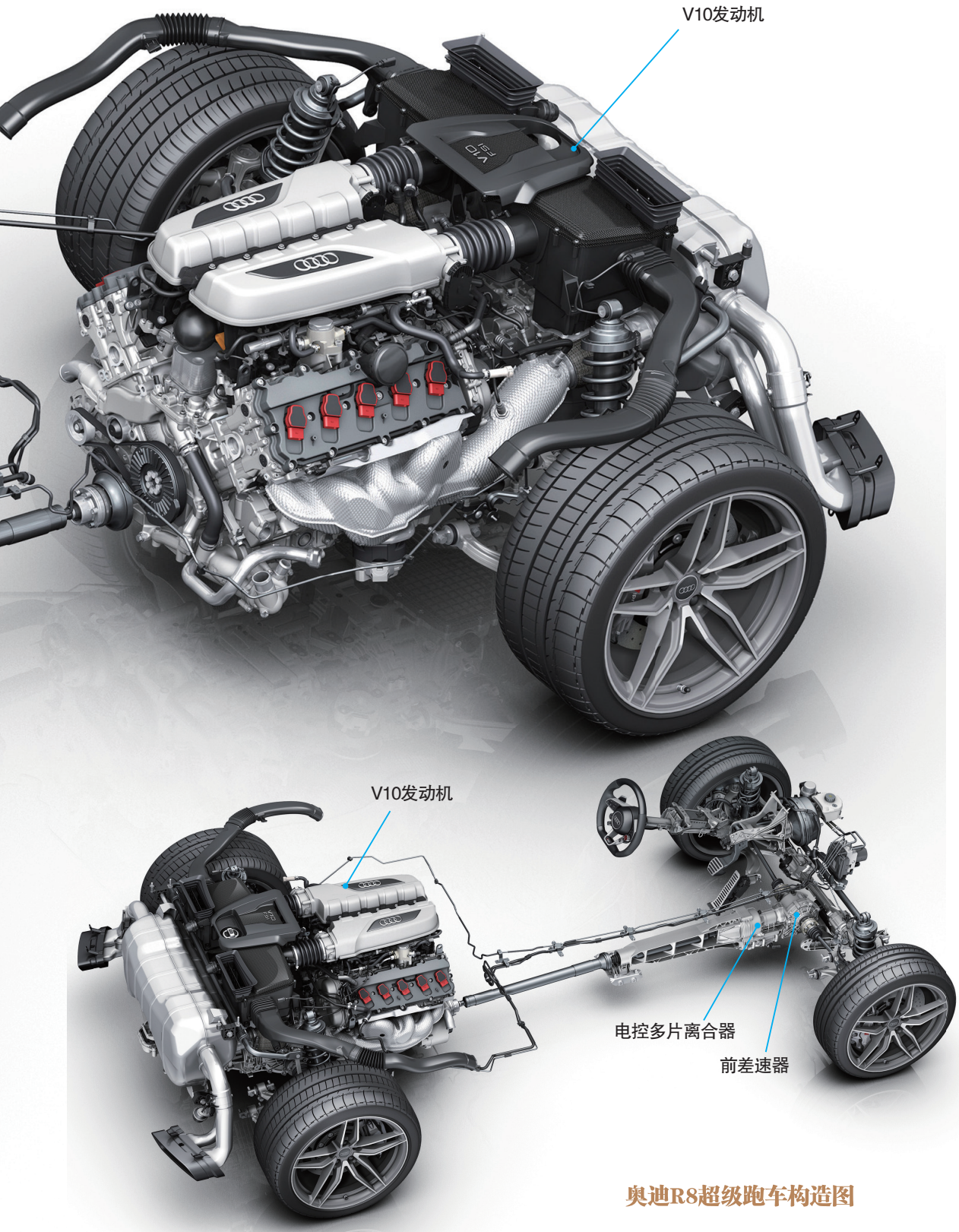
新奥迪Q7构造图

Audi R8

奥迪 R8 超级跑车



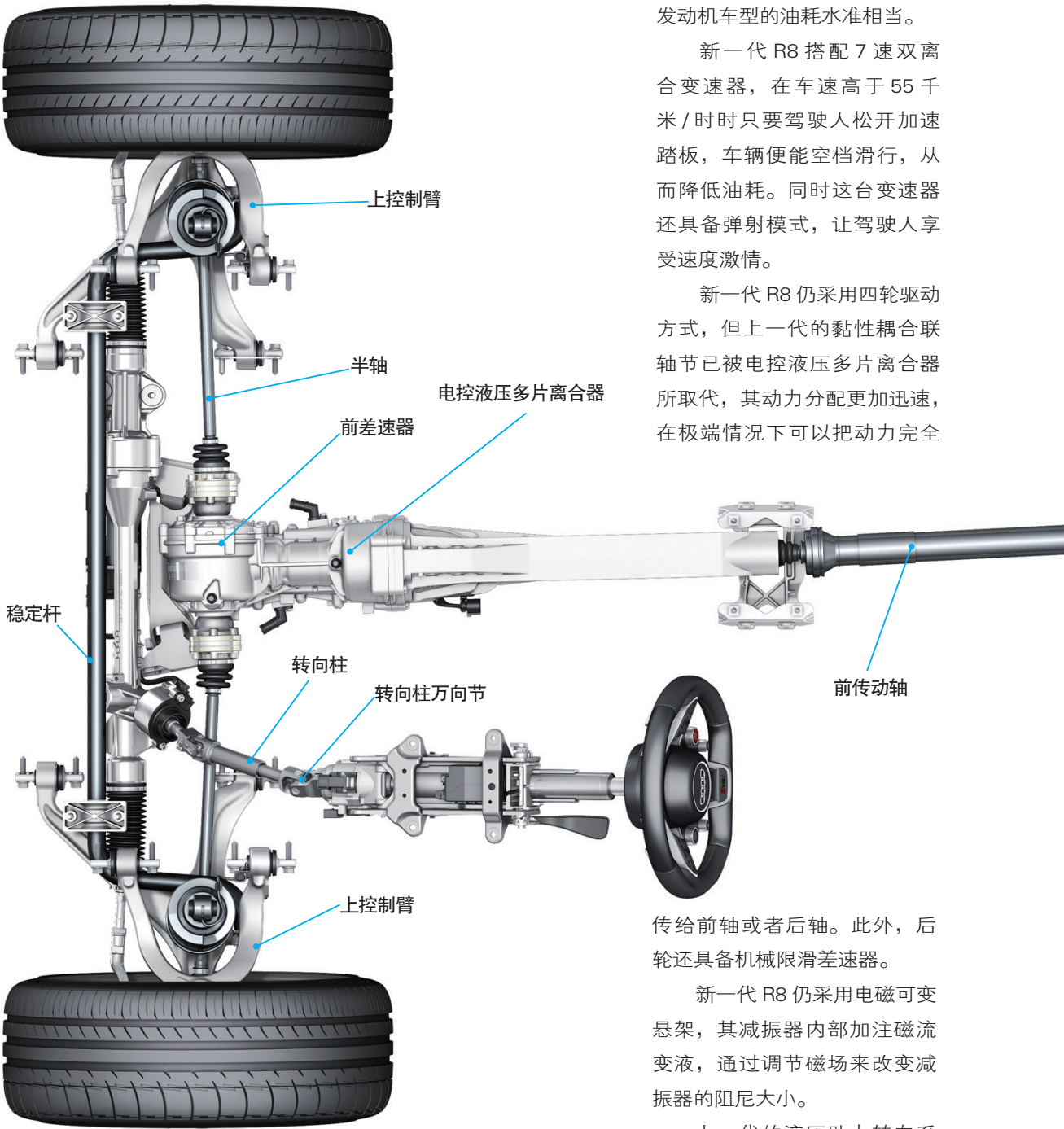
奥迪R8超级跑车底盘构造图



奥迪R8超级跑车构造图

奥迪 R8 超级跑车动力系统

最新一代 R8 超级跑车的动力系统虽然都采用 5.2 升的 V10 自然吸气汽油发动机，但有两个参数版本。低功率 V10 发动机最大功率为 397 千瓦（540 马力），而高功率 V10 plus 车型的最大功率为 449 千瓦（610 马力）。低功率版本的 0–100 千米 / 时加速时间为 3.5 秒，高功率版本则为 3.2 秒。



奥迪R8超级跑车悬架和动力传递系统构造图

新一代 R8 超级跑车的 V10 发动机引入了直喷和闭缸（COD）技术，可以在巡航时关闭一半气缸。在此技术的帮助下，新 R8（V10 车型）百千米油耗达到 12.4 升，与现款 V8 发动机车型的油耗水准相当。

新一代 R8 搭配 7 速双离合变速器，在车速高于 55 千米 / 时时只要驾驶人松开加速踏板，车辆便能空档滑行，从而降低油耗。同时这台变速器还具备弹射模式，让驾驶人享受速度激情。

新一代 R8 仍采用四轮驱动方式，但上一代的黏性耦合联轴节已被电控液压多片离合器所取代，其动力分配更加迅速，在极端情况下可以把动力完全传给前轴或者后轴。此外，后轮还具备机械限滑差速器。

新一代 R8 仍采用电磁可变悬架，其减振器内部加注磁流变液，通过调节磁场来改变减振器的阻尼大小。

上一代的液压助力转向系

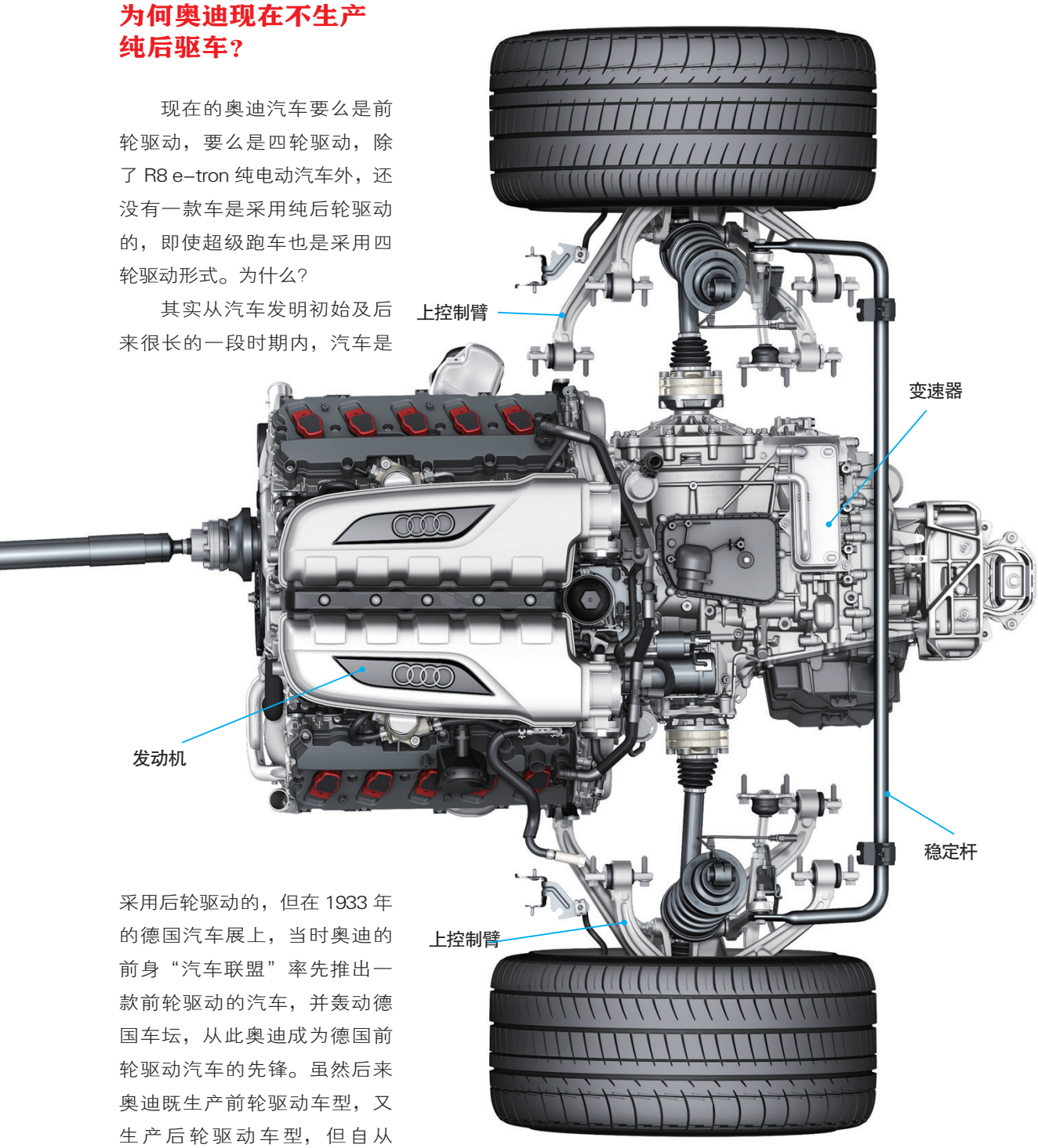
统也被电动助力转向系统所取代，不仅可以节省燃油，还可以实现更多的自动控制功能，如研制中的 R8 自动驾驶车型，就离不开电动助力转向系统。

为何奥迪现在不生产纯后驱车？

现在的奥迪汽车要么是前轮驱动，要么是四轮驱动，除了 R8 e-tron 纯电动汽车外，还没有一款车是采用纯后轮驱动的，即使超级跑车也是采用四轮驱动形式。为什么？

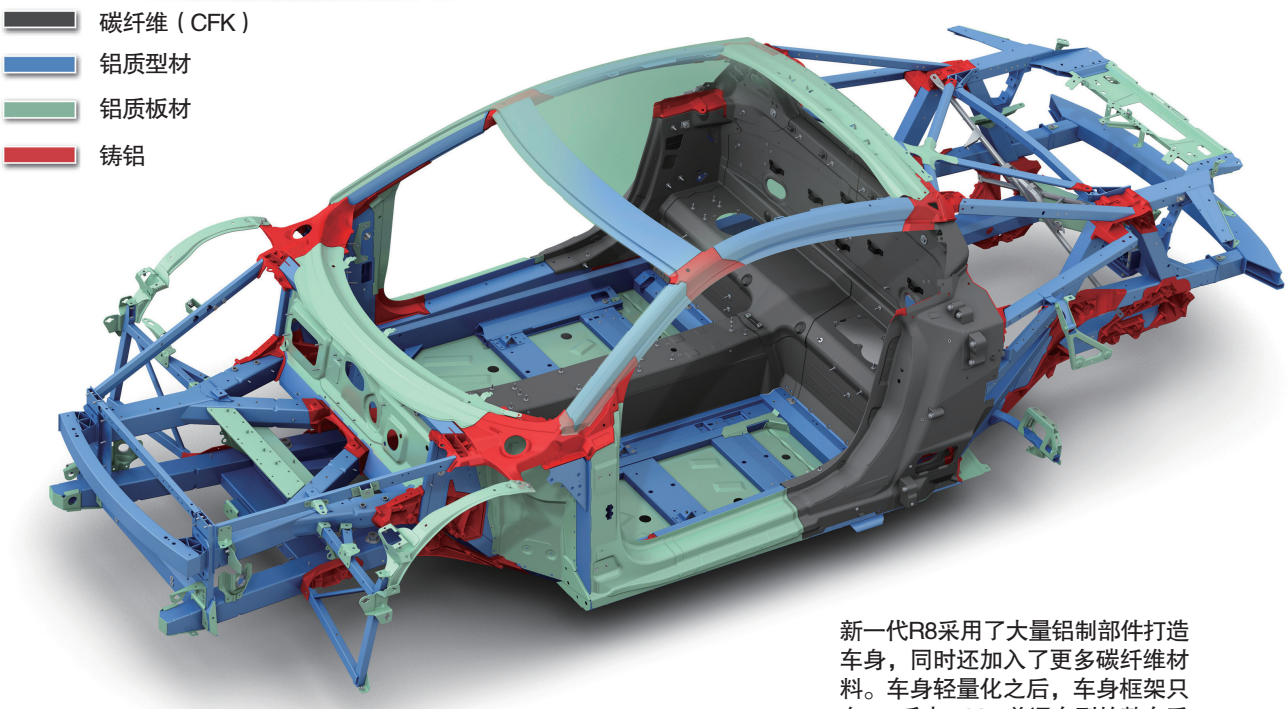
其实从汽车发明初始及后来很长的一段时期内，汽车是采用后轮驱动的，但在 1933 年的德国汽车展上，当时奥迪的前身“汽车联盟”率先推出一款前轮驱动的汽车，并轰动德国车坛，从此奥迪成为德国前轮驱动汽车的先锋。虽然后来奥迪既生产前轮驱动车型，又生产后轮驱动车型，但自从 1980 年起一直到今天，奥迪就再也没生产过纯后轮驱动的车型，以体现奥迪在前轮驱动汽车上的个性和技术优势。

为了强调不生产纯后轮驱动汽车的决心，奥迪即使在后置发动机的超级跑车上，也要从后面往前轮接一根传动轴，比如 R8，让超级跑车变成四轮驱动的车型。



奥迪 R8 超级跑车车身构造

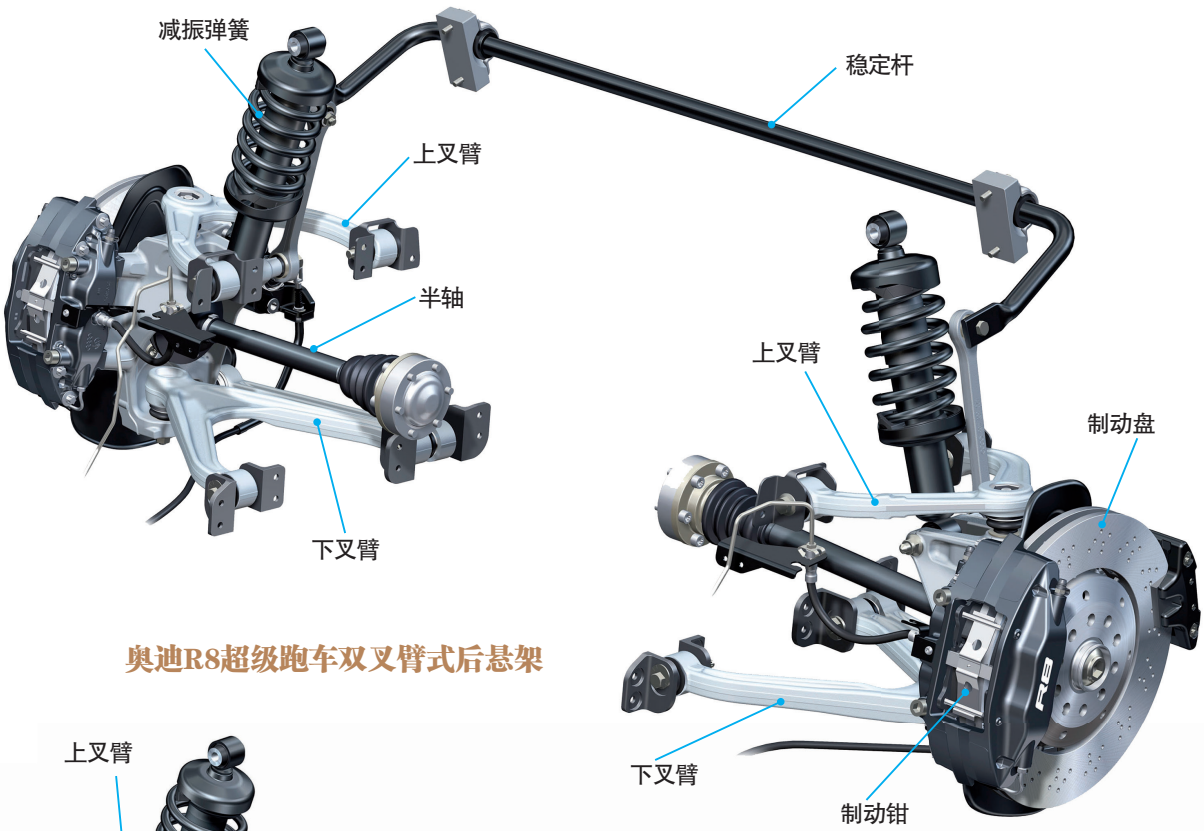
新奥迪R8超级跑车动力系统构造图



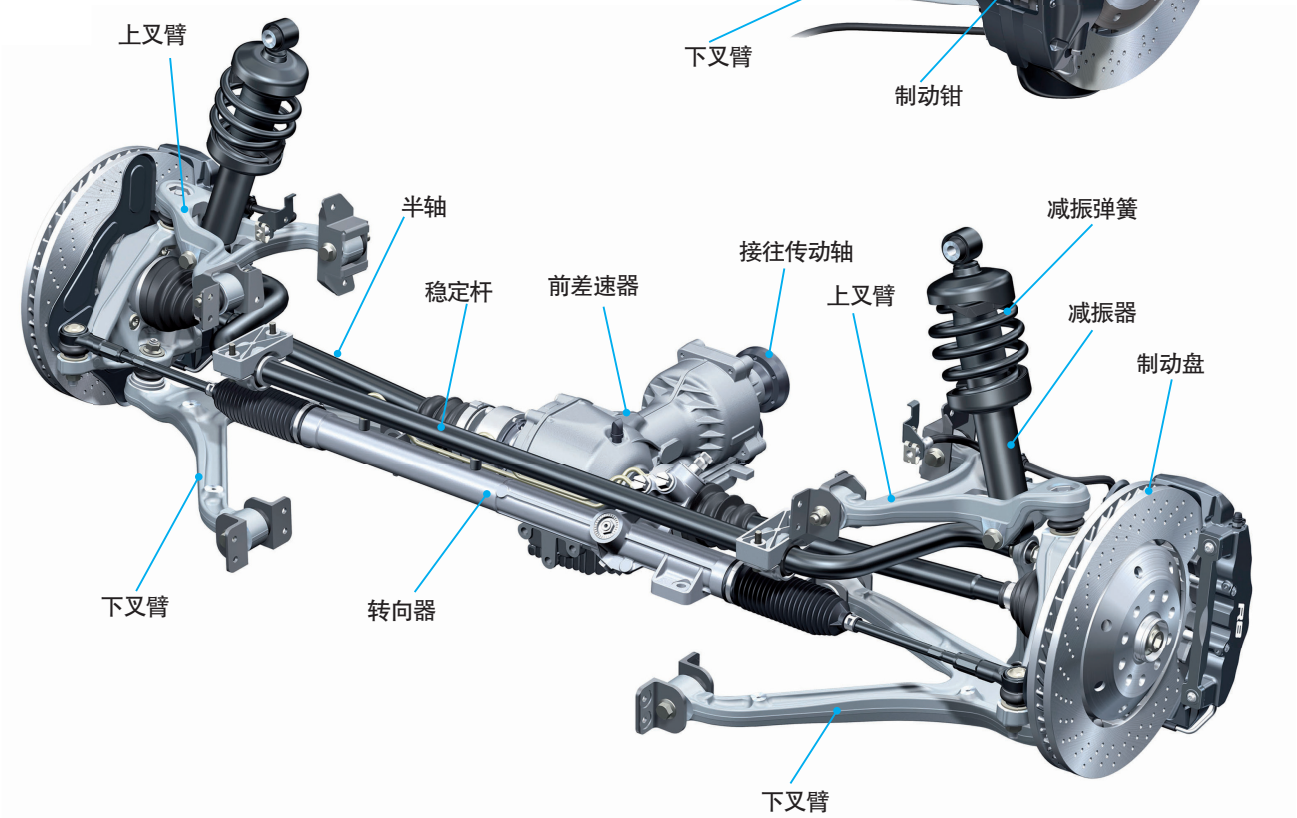
新奥迪R8超级跑车车身构造图

新一代R8采用了大量铝制部件打造车身，同时还加入了更多碳纤维材料。车身轻量化之后，车身框架只有200千克，V10普通车型的整车重量降到了1454千克，而上一代V10车型的重量为1635千克

奥迪 R8 超级跑车悬架系统



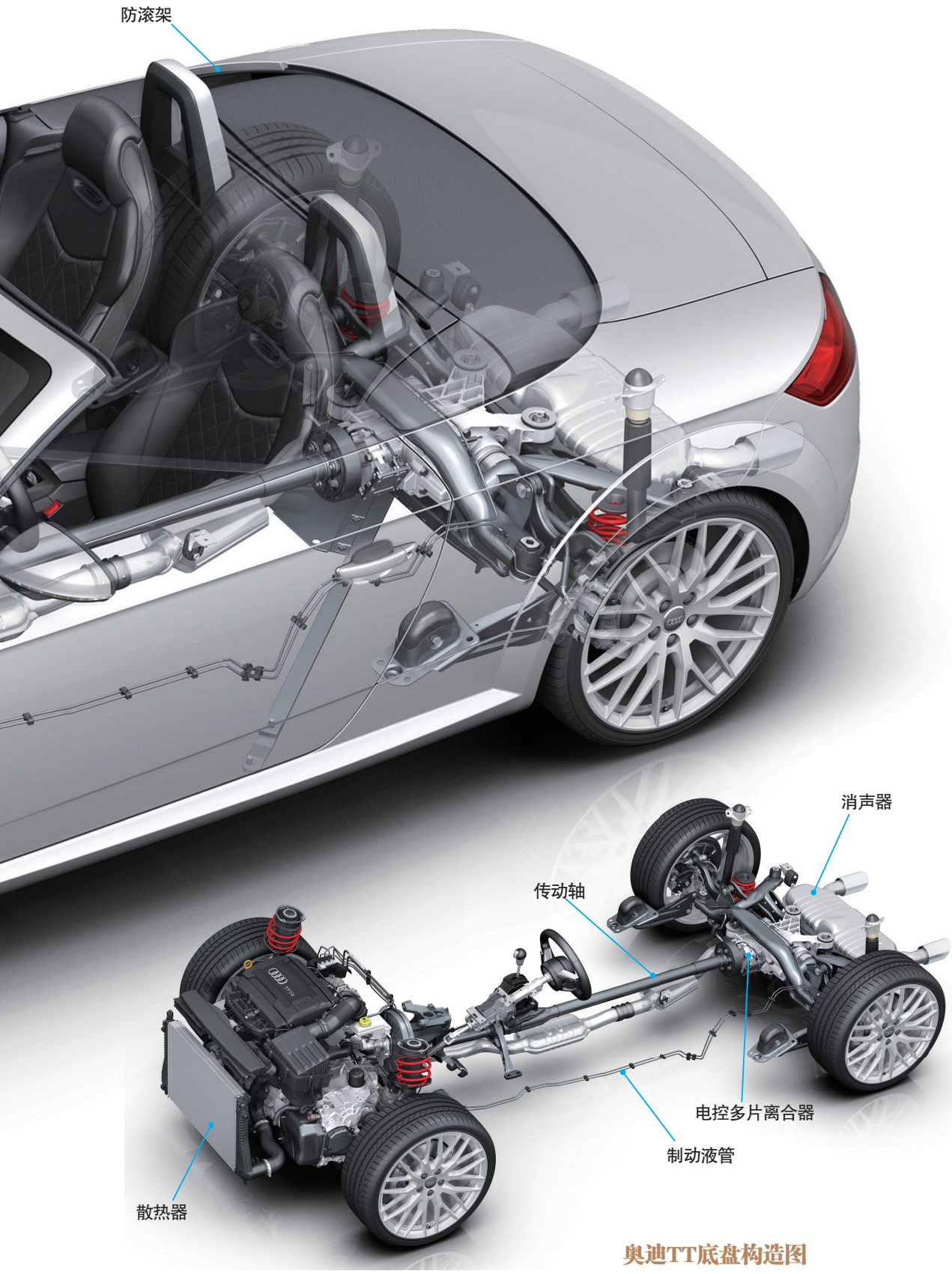
奥迪R8超级跑车双叉臂式后悬架



奥迪R8超级跑车双叉臂式前悬架

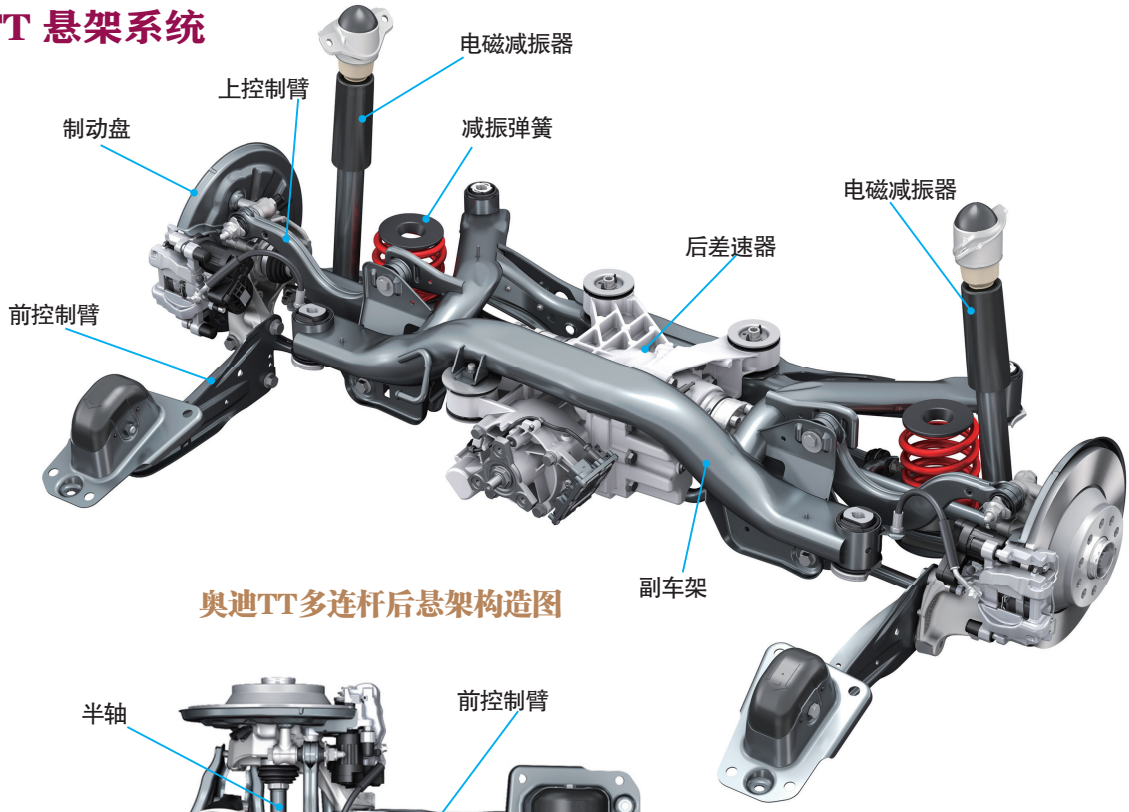
Audi TT
奥迪 TT 车型

奥迪TT整车构造图

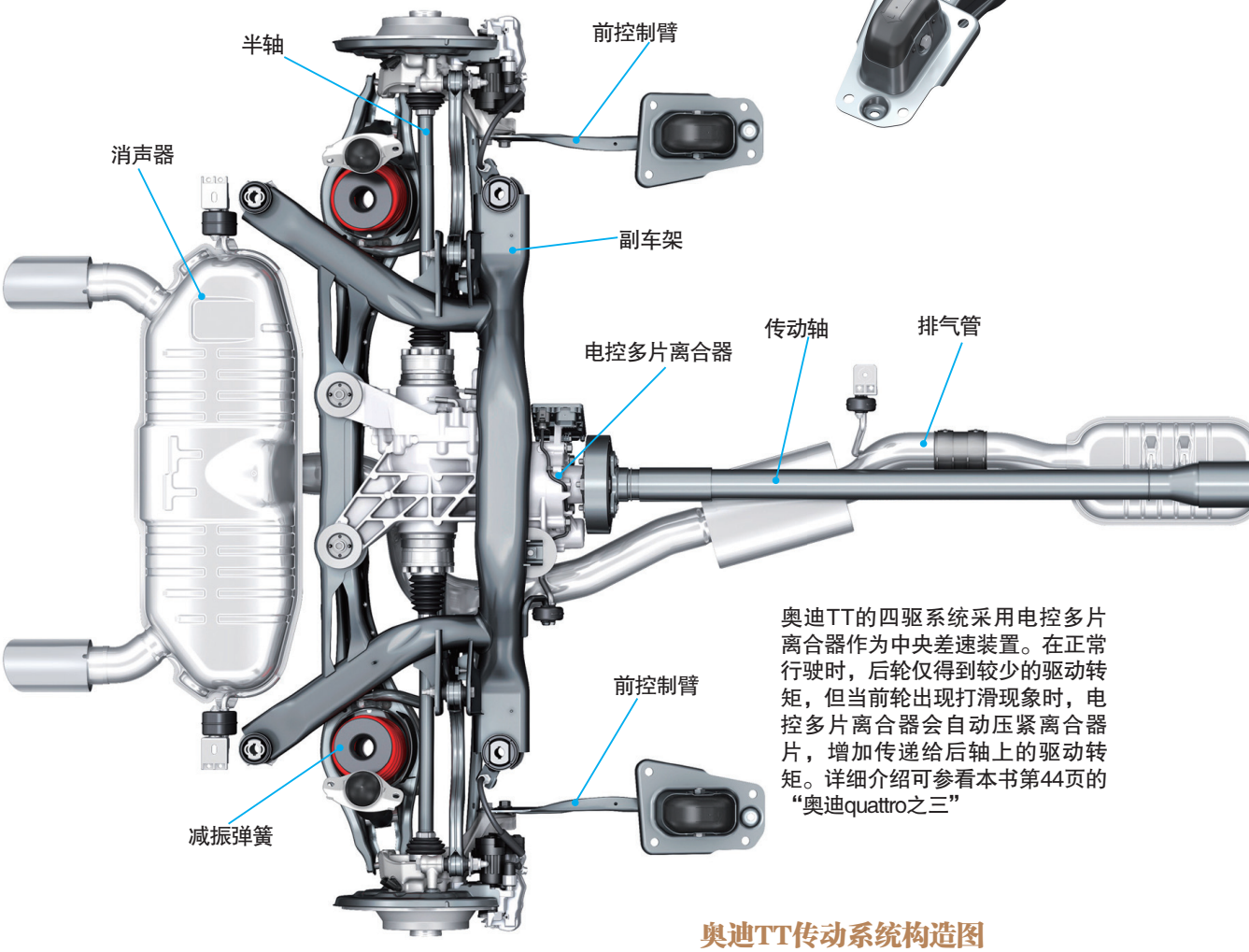


奥迪TT底盘构造图

奥迪 TT 悬架系统

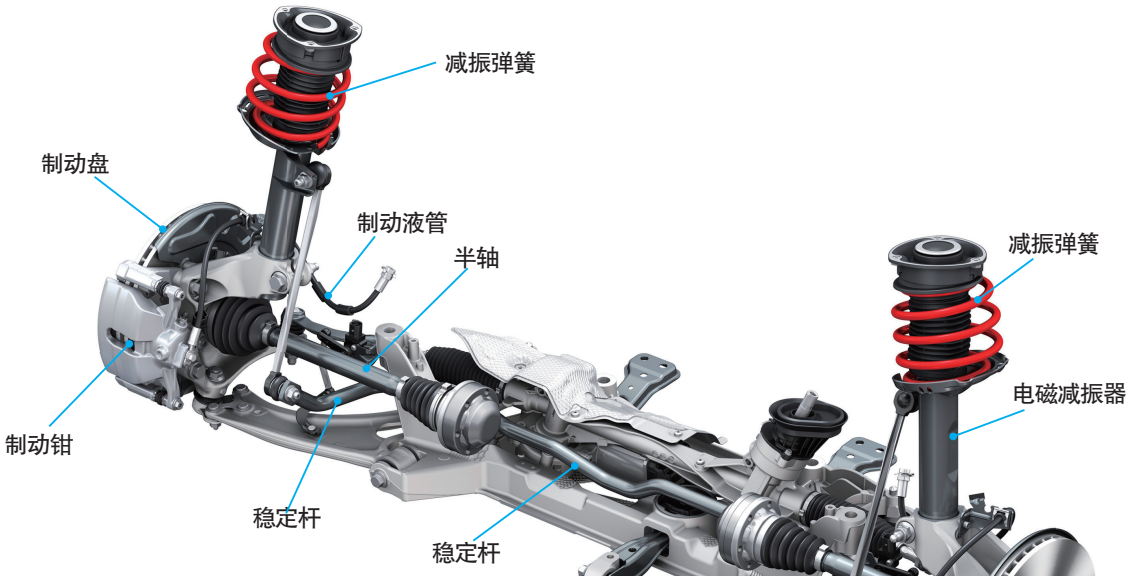


奥迪TT多连杆后悬架构造图

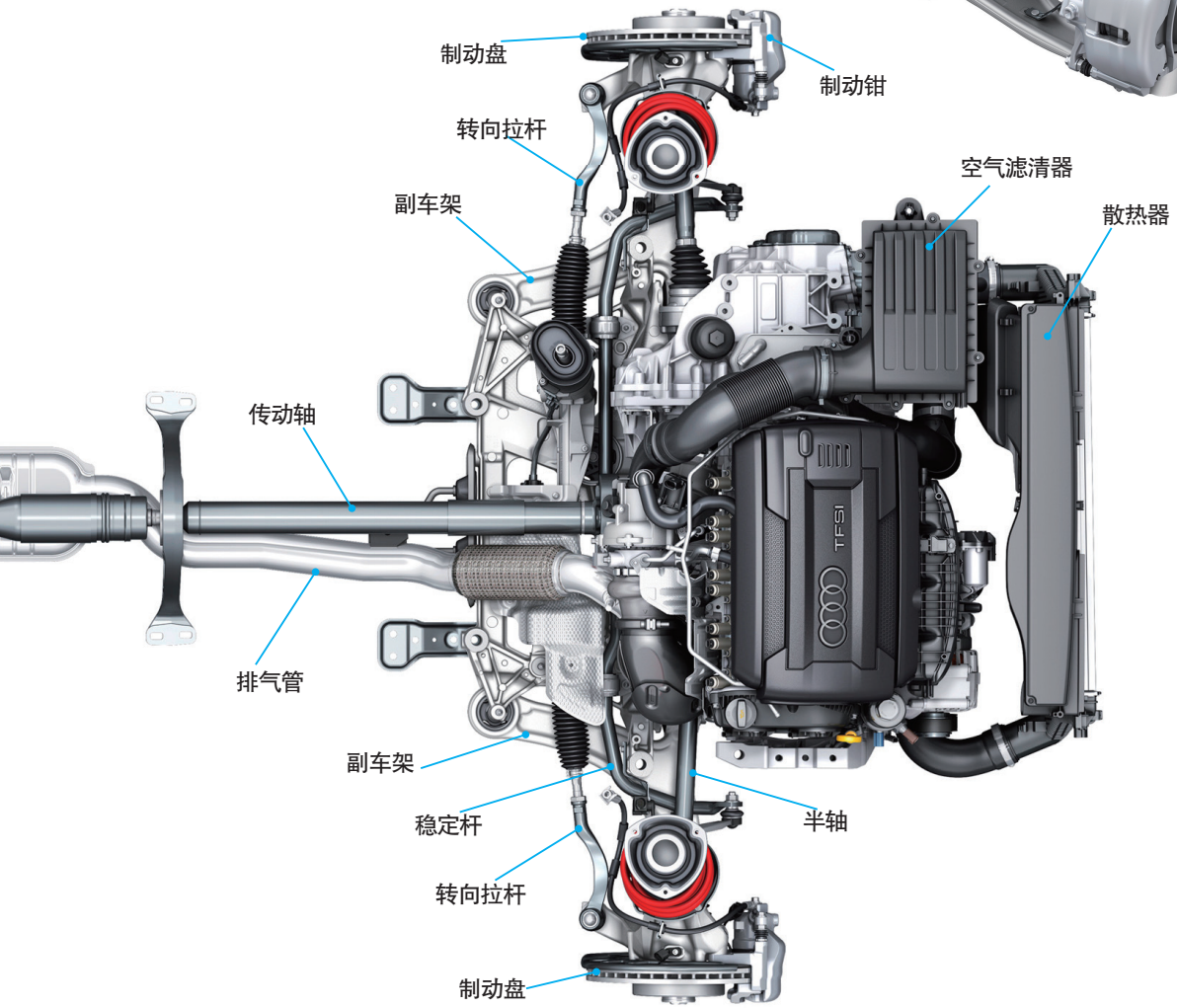


奥迪TT的四驱系统采用电控多片离合器作为中央差速装置。在正常行驶时，后轮仅得到较少的驱动转矩，但当前轮出现打滑现象时，电控多片离合器会自动压紧离合器片，增加传递给后轴上的驱动转矩。详细介绍可参看本书第44页的“奥迪quattro之三”

奥迪TT传动系统构造图

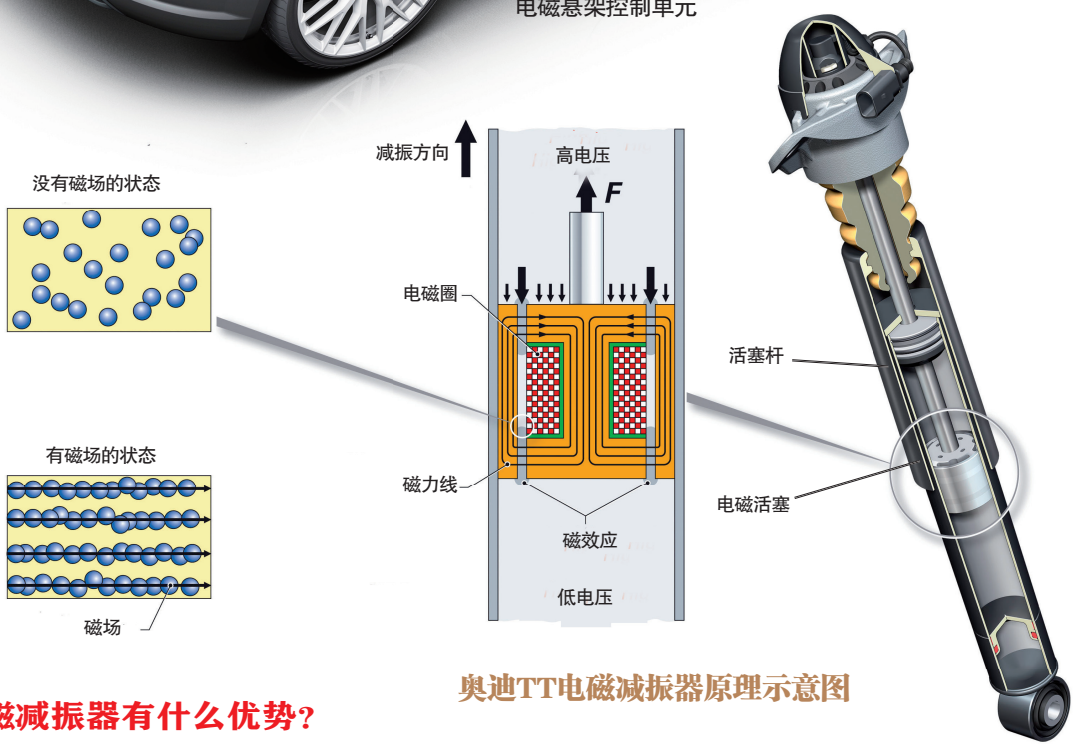


奥迪TT麦弗逊前悬架构造图



奥迪 TT 车型技术

奥迪TT电磁悬架控制系统



奥迪TT电磁减振器原理示意图

电磁减振器有什么优势？

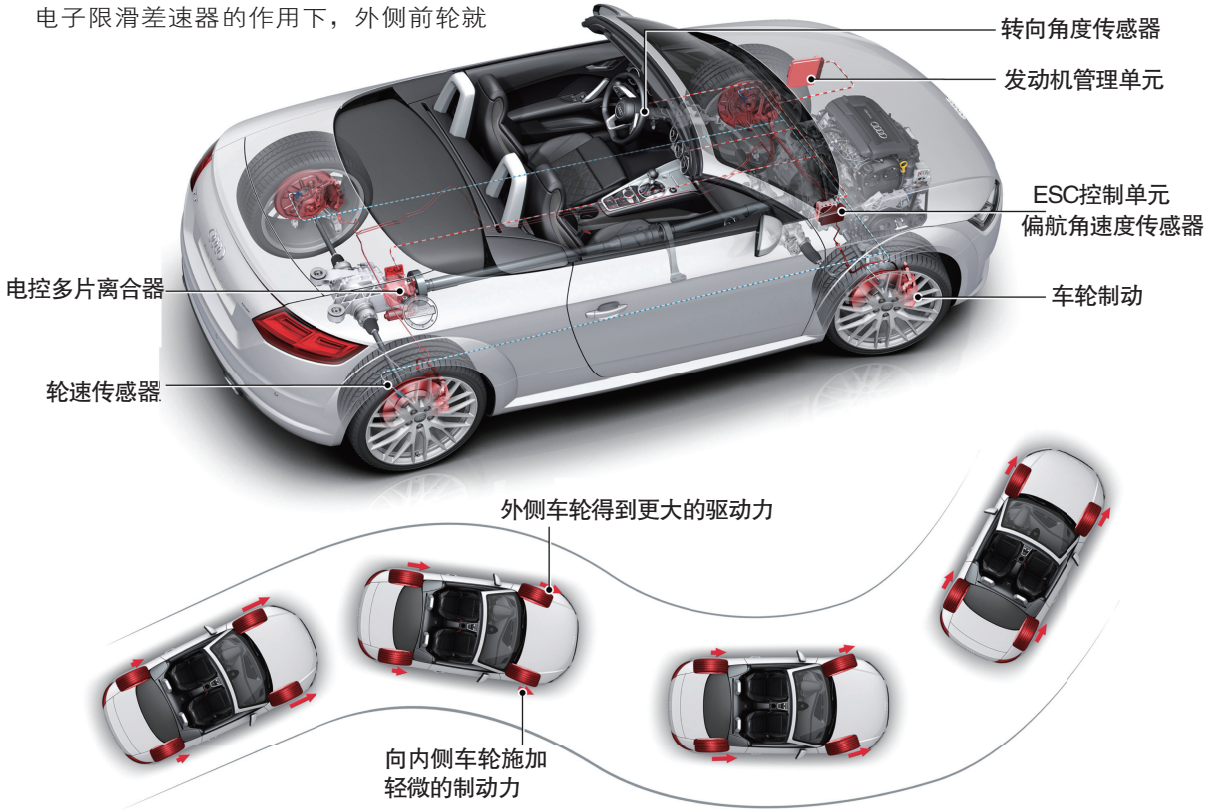
电磁减振器利用电磁反应可以针对路面情况在 1 毫秒时间内做出反应，抑制振动，保持车身稳定，特别是在车速很高又突遇障碍时更能显出它的优势。

在减振器内采用的不是普通油，而是一种被称为电磁液的特殊液体，它是由合成碳氢化合物以及 3~10 微米大小的磁性颗粒组成的。一旦控制单元发出脉冲信号，线圈内便会产生电压，从而形成一个磁场，并改变粒子的排列方式。这些粒子马上会按垂直于压力的方向排列，达到阻碍液体在活塞通道内流动的效果，从而提高阻尼系数，调整悬架的减振效果。

奥迪TT空调控制器构造图

转矩矢量控制

在全新一代奥迪 TT 四驱版车型上，车辆在极限转弯时，电子限滑差速器会向弯道内侧前轮施加轻微的制动力，在电子限滑差速器的作用下，外侧前轮就会得到更多的牵引力。由于牵引力的差异，车辆不仅可避免产生转向不足的现象，而且还能提高通过弯道的能力。



奥迪TT转矩矢量控制示意图

编后语

都在这儿了

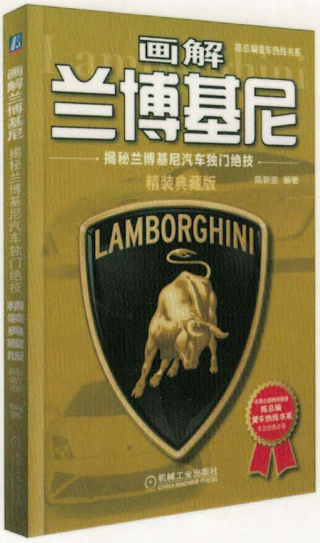
当初，我正是凭着对汽车先进技术的热爱，尤其是对德国汽车技术的情有独钟，从 2010 年起，到 2013 年，先后编辑出版了《画解宝马：揭秘宝马汽车独门绝技》《画解奥迪：揭秘奥迪汽车独门绝技》《画解奔驰：揭秘奔驰汽车独门绝技》《画解保时捷：揭秘保时捷汽车独门绝技》四本“画解名车”图书。这几年，汽车技术有了很大的进步，“画解名车”系列也是多次重印，对它们进行修订成了我不可推卸的任务。

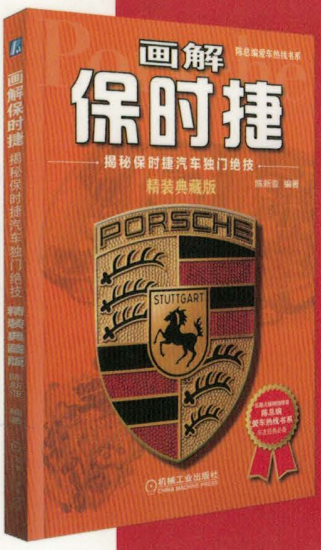
然而，在修订中发现，可获得的奥迪新技术资料并不多，尤其是在发动机、变速器、传动系统、转向系统、悬架系统等方面，可以说没有更多的新鲜技术内容可以修订，这不能不说是个遗憾。希望在下次修订中能有更多的新技术内容可以编入其中。

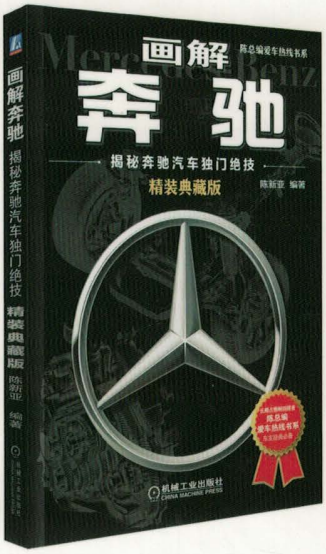
庆幸的是，奥迪在车灯技术方面仍然领先，即使宝马率先将激光前照灯应用在量产车（i8）上，但是奥迪迅速在量产车（新 R8）上推出更先进的矩阵激光前照灯，算是又夺回了领先地位。在 Q7、TT、R8、A4 等换代车型上，创新技术主要集中在“虚拟驾驶舱”等电子信息技术方面，而在汽车基本构造等方面的创新较少。

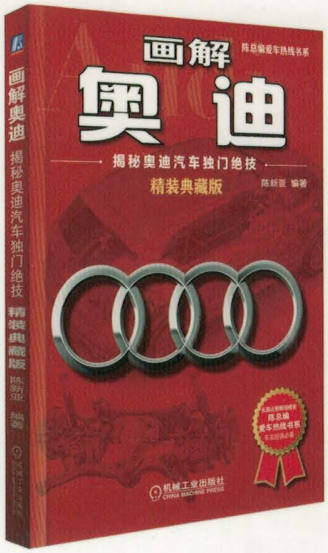
不论如何，编完此书后我仍可以自信地夸口：奥迪目前在售车型上最先进的技术都在这里了，包括已在国外上市但还没引入中国市场的新车型和新技术，都包含在本书中。如想进一步了解奥迪汽车技术，请写信给我，咱们一起切磋、交流。

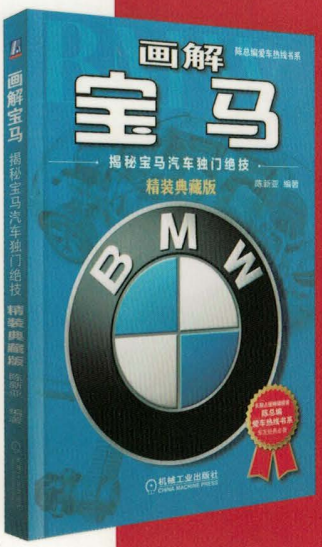
陈总编爱车热线书系“画解名车”书目











地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
服务咨询热线：010-88361066
读者购书热线：010-68326294
010-88379203
网络服务
机工官网：www.cmpbook.com
机工官博：weibo.com/cmp1952
金书网：www.golden-book.com
教育服务网：www.cmpedu.com
封面无防伪标均为盗版

机械工业出版社微信公众号

上架指导 汽车科普

ISBN 978-7-111-57836-9

策划编辑◎李军　编辑 QQ：113252449

扫一扫，更多汽车精品图书任你选！

ISBN 978-7-111-57836-9

定价：79.90 元